



LEANIN SOVELTAMINEN MAALAITTEIDEN KUNNOSSAPITOON

Riku Vaitti

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Konetekniikan koulutus
Koneautomaatio



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan koulutus
Koneautomaatio

VAITTI, RIKU:

Leanin soveltaminen maalaitteiden kunnossapitoon

Opinnäytetyö 54 sivua
Toukokuu 2017

Satakunnan lennoston lentokonehuollossa käytettävät huolto- ja kunnossapitolaitteet huoltaa maalaite- ja puhtaanapitojaoksen maalaitehuolto. Opinnäytetyön toimeksiantona oli kehittää maalaitehuollon huolto- ja kunnossapitotoimintaa. Jaoksen resurssit suhteessa työmäärään ovat rajalliset, jolloin resurssien käytön tehostamisella, hukan vähentämisellä tai työmäärän pienentämisellä voidaan pienentää laitteiden läpimenoaikoja. Maalaittehuollossa koettiin ongelmaksi huoltojen kuormituksen vaihtelu, sillä huoltoon muodostui ajoittain ruuhkaa huollettavista laitteista, kun välillä huollettavaa ei ollut lainkaan. Tällöin joko laitteiden läpimenoajat pitenevät tai resurssitehokkuus jää huonoksi. Tämän ongelman pohjalta työssä tutkittiin leanin sopivuutta maalaitteiden kunnossapitotoimintaan ja etsittiin leanin periaatteista, menetelmistä ja työkaluista sopivia keinoja vähentää kuormituksen vaihtelua ja siten parantaa resurssien käyttöä ja lyhentää huoltojen läpimenoaikoja.

Lean-kunnossapito ei ole vakiintunut termi, eikä siitä juurikaan ole valmista kirjallisuutta, mutta jos leania tarkastellaan työkaluja ja menetelmiä korkeammalla abstraktiotasolla, nähdään, että leanin periaatteet sopivat lähes kaikille aloille, myös kunnossapitoon. Opinnäytetyö sisältää tarvittavan teoriapohjan, jotta lukijalle selviää leanin ja kunnossapidon perusteet ja tavat, joilla teoria voidaan yhdistää maalaitehuollon toimintoihin.

Työn tuloksena saatiin uusi toimintamalli, joka toimiessaan parantaa resurssien käyttöä, pienentää läpimenoaikaa ja vähentää hukkaa, ilman suoria kustannuksia. Lisäksi työn aikana toteutettiin muita pieniä parannuksia ja muutoksia huollon toiminnassa. Toimintatapaa tutkittiin pilottikokeilulla, jonka tuloksena saatiin asiakaspalautetta ja kokemuksia uudesta mallista.

Mikäli uusi toimintamalli otetaan onnistuneesti käyttöön, on se yksi askel kohti tehokkaampaa ja siten leania organisaatiota. Malli on kuitenkin vain yksi parannus jatkuvan kehityksen joukossa. Lean on jatkuva kehittämisen ja parantamisen prosessi, jolla ei ole loppua, joten maalaitehuollon toiminnasta löytyy kehitettävää myös jatkossakin. Muita mahdollisia kehityskohteita on esitelty työn lopussa.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Mechanical Engineering
Machine Automation

VAITTI, RIKU:

Applying lean methods in aircraft support and service equipment maintenance

Bachelor's thesis 54 pages

May 2017

Aircraft maintenance service support and service equipment in Satakunta Air Command are maintained by base support flight's ground support section. The assignment given was to develop ground support section's maintenance and repair operations. Ground support section's resources available for maintenance and repair operations are limited compared to the amount of work needed. Thus, any improvement that decreases the section's workload, reduces waste or improves the use of available resources can speed up the turnaround time for maintenance operations. The problem found in ground support section was uneven workload in maintenance operations. This caused peaks in the section's workload, prolonging turnaround times and causing unnecessary rush. However, there were also times with less workload, causing poor resource efficiency. This work focused on finding out if lean is suitable for ground support section's operations and improving found problems through implementing lean philosophy, tools and methods to maintenance operations.

Lean maintenance is not an established term and not much literature exists of it, but when lean is viewed in a higher level of abstraction than tools or methods, it becomes clear that lean approach can be implemented in almost any industry, including maintenance. This thesis contains the necessary basic theory needed to understand the concepts of maintenance, lean and how to implement them into ground maintenance section's operations.

The result of this thesis is a new operational model, which would improve the use of available resources, reduce turnaround time and reduce waste without any direct costs. Some other minor improvements in ground maintenance section's operations were also made during the thesis. The new operational model was tested with a pilot, from which feedback and experience were gathered.

If the new operational model is implemented successfully, it will be a step towards a more efficient system and so a leaner organization. This model is still only one step in the cycle of continuous improvement. Lean is a series of never ending improvements, which means that ground support maintenance section is left with much to improve on. Other possible areas for development are presented at the end of the thesis.

Key words: lean, maintenance

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	ORGANISAATIO.....	6
2.1	Puolustusvoimat.....	6
2.2	Ilmavoimat.....	6
2.3	Satakunnan lennosto.....	8
3	KUNNOSSAPITO.....	10
3.1	Kunnossapidon määritelmä.....	10
3.2	Kunnossapidon kehitysvaiheet.....	11
3.3	Kunnossapitolajit.....	12
3.4	Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu ja aikatauluttaminen.....	13
3.5	Lentoteknisten huoltovälineiden huoltoprosessi.....	13
3.6	Huoltotilat.....	16
3.7	Logistiikka ja varaosahankinnat.....	17
4	LEAN.....	19
4.1	Historia.....	19
4.2	Määritelmä.....	20
4.3	Resurssi- ja virtaustehokkuus.....	21
4.4	Vaihtelu.....	25
4.5	Tehokkuusmatriisi.....	27
4.6	TPS - Toyota Production System.....	28
4.7	Lean ja hukan eri muodot.....	30
4.8	Jatkuva parantaminen (kaizen).....	33
4.9	Työmäärän tasaaminen (heijunka).....	35
4.10	Visuaaliset ohjausmenetelmät.....	35
5	MAALAITESHUOLLON KEHITYSTOIMET.....	37
5.1	Tausta, tavoitteet ja lähtötilanne.....	37
5.2	Maalaiteshuollon vaihtelu.....	38
5.3	Tavoitetila.....	39
5.4	Haasteet.....	42
5.5	Paikallishankittavien varaosien varastoinnin järjestelyt.....	43
5.6	Suunnittelun työkalujen ja järjestelyiden tarkastelu.....	44
5.7	Pilotointi.....	47
5.8	Kokemukset ja jatkotoimenpiteet.....	48
5.9	Kehitysehdotukset.....	49
6	TULOKSET JA POHDINTA.....	51
	LÄHTEET.....	53

1 JOHDANTO

Maalaitte- ja puhtaanapitojaos on pienehkö osasto, jonka vastuulla on suuri joukko laitteita. Useat maalaitteet ovat lennoston lentotoiminnan kannalta elintärkeitä, joten kriittisen laitteen läpimenoajan pidentyminen voi johtaa jopa lentotoiminnan viivästymiseen tai keskeytymiseen. Maalaitteiden huollon laatu on myös oltava erinomaisella tasolla, sillä pahimmassa tapauksessa huollon laiminlyönti tai virhe voi johtaa vaurioon lentokoneessa ja siten vaarantaa lentoturvallisuuden. Korkean laadun ja tehokkuuden yhdistäminen ei ole ongelmattonta, mutta mahdollista. Ilmavoimat on laatuksellinen organisaatio, joten maalaittehuollon kunnossapito on jo ennestään laadultaan hyvällä tasolla, mutta resurssien käytön tehokkuudessa on löydettävissä parannettavaa.

Maalaittehuollon huoltotehtävien määrässä on suurta vaihtelua. Toisinaan laitteet joutuvat odottamaan huoltotilassa pitkiäkin aikoja resurssien kapasiteetin ylityttyä ennen huoltoon pääsyä. Välillä huollettavana ei ole ainuttakaan laitetta, jolloin resurssitehokkuus on pientä. Tässä työssä etsittiin leanin periaatteiden perusteella parannuksia, joilla vaihtelua ja siten läpimenoaikoja, lisätyötä ja hukkaa voitaisiin vähentää. Parannuksia voidaan löytää jokaiselta osa-alueelta, mutta tämän työn puitteissa päädyttiin kehittämään kunnossapitotoiminnan suunnitelmallisuutta. Parantamalla huollon suunnitelmallisuutta voidaan vähentää vaihtelua, joka johtaa parempaan virtaus- ja resurssitehokkuuteen, lisätyön vähenemiseen ja siten hukan määrän pienentymiseen.

Työ aloitettiin tutustumalla teoriaan, maalaittehuollon toimintaan ja prosesseihin, sekä haastatteleamalla työntekijöitä, johtajia ja maakalusto- ja puhtaanapitojaoksen asiantuntijaa. Työ sisältää leanin lisäksi kunnossapidon teoriaosuuden, sillä leanin soveltaminen kunnossapitoympäristöön tarvitsee myös käsityksen kunnossapidon merkityksestä ja sen toteutustavoista. Lean on varsinkin tuotantoteollisuudessa tunnettu termi, joka yhdistetään yleisimmin hukan poistamiseen. Lean on myös paljon muuta, eikä sen soveltaminen rajoitu vain tuottavaan teollisuuteen. Lean-kunnossapito ei ole vakiintunut käsite, eikä siitä juuri ole kirjallista materiaalia, joten leanin soveltaminen kunnossapitoon vaatii omia tulkintoja.

2 ORGANISAATIO

Työn kohteena on Satakunnan lennoston lentotekniikkalaivue ja erityisesti lentotekniikkalaivueen maakalusto- ja puhtaanapitojaoksen maalaitehuolto. Tässä kappaleessa tutustutaan Puolustusvoimien, Ilmavoimien sekä Satakunnan lennoston toimintoihin ja organisaatorakenteeseen.

2.1 Puolustusvoimat

Puolustusvoimien tehtävät on määrätty laissa 11.5.2007/551. Puolustusvoimien tehtävänä on Suomen sotilaallinen puolustus, kuten maa-alueiden, vesialueiden ja ilmatilan valvominen sekä alueellisen koskemattomuuden turvaaminen. Lisäksi puolustusvoimat tukevat muita viranomaisia ja osallistuvat kansainväliseen sotilaalliseen kriisinhallintaan. Hallinnollisesti puolustusvoimat on puolustusministeriön alainen laitos ja sen välitön johto kuuluu puolustusvoimain komentajalle, jona toimii istuva tasavallan presidentti. Puolustusvoimiin kuuluu kolme puolustushaaraa; ilma- maa- ja merivoimat. (Finlex 2016.)

Puolustusvoimien henkilöstöstrategian mukaan henkilöstö- ja koulutustoimialojen tavoitetilassa henkilöstö on motivoitunutta ja ammattitaitoista, sekä määrältään ja laadultaan riittävä sodan, kriisien ja rauhan ajan tehtävin. Vuonna 2015 Puolustusvoimissa on noin 12 000 tehtävää, joista sotilastehtäviä on noin 8000 ja siviilitehtäviä noin 4000. Reserviläisiä on yhteensä noin 230 000. Reservin merkitys puolustusvoimien sodan ajan joukoissa on merkittävä ja yleisen asevelvollisuus tuottaa tarvittavan henkilöstön rauhan ja sodan ajan toimintoihin. (Puolustusvoimien henkilöstöstrategia 2015, 5,10,14-15.)

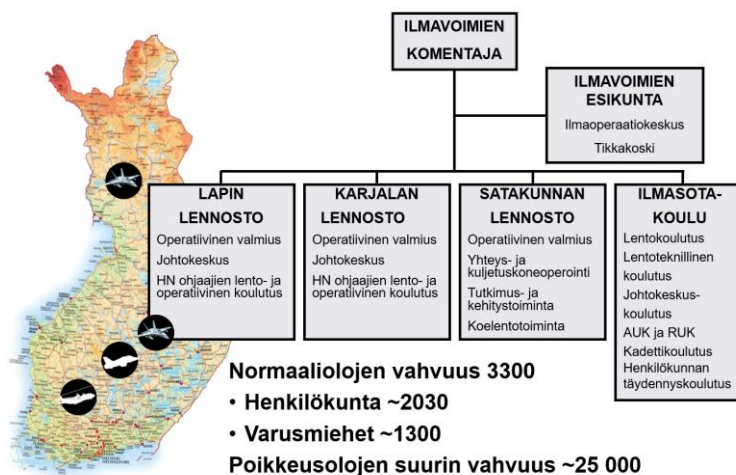
2.2 Ilmavoimat

Ilmavoimat perustettiin vuonna 1918 ja on siten yksi maailman vanhimmista lentoaseen puolustushaaroista. Ilmavoimien tehtävä puolustushaaranä on vastata ilmapuolustuksesta ja -operaatioista, sekä muiden haarojen tapaan tukea muita viranomaisia ja osallistua kriisinhallintatehtäviin. Kriisin aikana Ilmavoimien päätehtävät ovat hävittäjätorjunta ja mui-

den puolustushaarojen tulenkäytön johtaminen. Ilmavoimat suojaa yhteiskunnan toiminnan kannalta elintärkeitä kohteita ja mahdollistaa muiden puolustushaarojen toiminnan ilmauhkia torjumalla, sekä tukee niitä ilmasta maahan -aseistuksella. Ilmavoimat valvoo ilmavalvontatutkilla ja muilla sensoreilla suomen ja sen ulkopuolen ilmatilaa vuorokauden ympäri. Kattava tilannekuva on perusta alueellisen koskemattomuuden turvaamiselle. Alueellisen koskemattomuuden turvaamiseen käytetään lähtökohtaisesti Boeing F/A-18 Hornet C/D –monitoimihävittäjiä, jotka päivystävät eri puolilla suomea. Operatiivisella lentotoiminnalla tunnistetaan lähialueilla lentävät poikkeukselliset maalit ja estetään valtakunnan ilmatilan luvaton käyttö.

Ilmapuolustuksen perusta on ilmatilan hallinta, jossa avainasemassa on Ilmavoimien Hornet-hävittäjät. Hornetit lentävät lähes päivittäin harjoitus- ja koulutuslentoja, joilla valmennetaan ohjaajia tehtäviinsä. Ohjaajien peruskoulutus annetaan Vinka-alkeiskoulutuskoneilla ja suihkukoneella lentämisen perusteet annetaan Hawk-suihkukonekalustolla. Hävittäjäkaluston tukena Ilmavoimilla on kuljetus- ja yhteyskonekalustoa, jota tarvitaan rauhan- ja kriisiajan toiminnan mahdollistamiseen materiaali- ja henkilökuljetuksien osalta. Kuljetus- ja yhteyskoneita käytetään myös esimerkiksi maavoimien laskuvarjojääkärien hyppykoulutukseen, maa-alueiden kartoitukseen ja ilmanäytteiden ottamiseen. (Ilmavoimat 2016.)

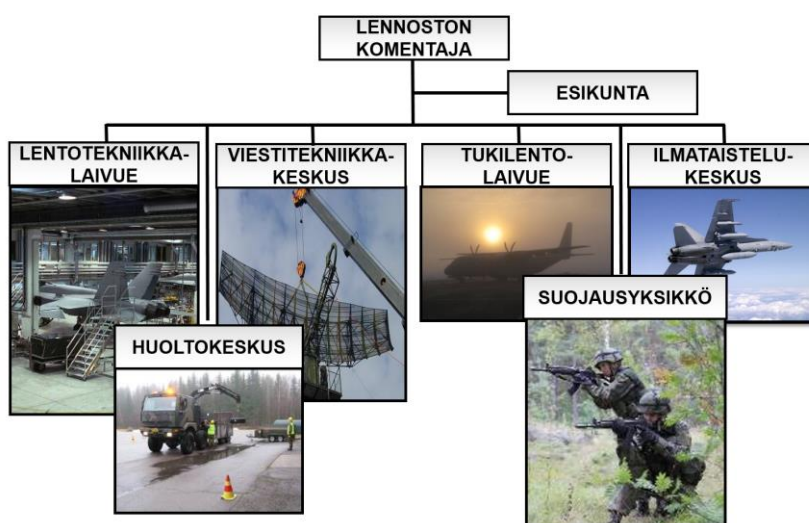
Ilmavoimiin kuuluu ilmavoimien esikunta, sotilaslaitoksia ja neljä joukko-osastoa. Joukko-osastoista Ilmasotakoulu on puolustushaarakoulu ja Lapin-, Karjalan-, sekä Satakunnan lennosto ovat operatiivisia osastoja. Ilmavoimia johtaa ilmavoimien komentaja. Lisäksi ilmavoimien esikunnan yhteydessä toimii sotilasilmailun viranomaisyksikkö. Rakenne ja henkilöstövahvuudet on esitelty kuviossa 1. (Ilmavoimat 2016.)



KUVIO 1. Ilmavoimat vuonna 2015 (Satakunnan lennoston esittely 2015)

2.3 Satakunnan lennosto

Vuonna 2015 puolustusvoimauudistuksen jälkeen Satakunnan lennoston organisaatiota rakenne muuttui ja on tällä hetkellä kuvion 2 mukainen. Satakunnan lennosta johtaa lennoston komentaja, jonka alaisuudessa toimivat esikunta, lentotekniikkalaivue, huoltokeskus, viestitekniikkakeskus, tukilento-laivue, suojausyksikkö ja ilmataistelukeskus. (Satakunnan lennoston esittely 2015.)



KUVIO 2. Satakunnan lennoston organisaatio (Satakunnan lennoston esittely 2015)

Satakunnan lennoston lentotekniikkalaivueen toimintaperiaatteena on ylläpitää lentokaluston ja lentoteknisen materiaalin lentoturvallisuus, korkea käytettävyys ja mahdollistaa nopea reagointi ulkoisiin uhkiin. Lentotekniikkalaivueen toimintaa ohjaavat ilmailumääräykset ja puolustusvoimien asettamat ohjeistukset sekä normit. Lentotekniikkalaivue on lentotekninen huolto-organisaatio, jolla on sotilasilmailuviranomaisen hyväksyntä. Lentotekniikkalaivueen toimintaa kuvaa lentotekniikkalaivueen toimintakäsikirja, joka on samalla sotilasilmailuviranomaisen vaatima lentoteknisen huolto-organisaation käsikirja. Toimintakäsikirjassa kuvataan menettelyt ja toiminnot, joita noudattamalla toiminta täyttää sotilasilmailuviranomaisen asettamat vaatimukset. (Lentotekniikkalaivueen toimintakäsikirja 2015.)

Lentotekniikkalaivue jakautuu vielä neljään perusyksikköön; esikuntalentueeseen, kuljetus- ja yhteyskonelentueeseen, tukeutumislentueeseen ja käyttölentueeseen. Esikuntalentueen vastuulla on muidenkin esikuntien tapaan johtaa ja suunnitella toimintaa. Lisäksi esikuntalentueeseen sisältyy tekninen jaos, jossa toimivat huolloista ja korjauksista vastaavat asiantuntijat. (Lentotekniikkalaivueen toimintakäsikirja 2015.)

Lentotekniikkalaivueen tukeutumislentueen maakalusto- ja puhtaanapitojaoksen tehtävänä on käyttöhuoltaa, huoltaa ja korjata lentolaitteiden huolto- ja korjaustoiminnan huolto- ja tukeutumisvälineitä, mittalaitteita, lentopolttoainelaitteistoja sekä lentokaluston pysäytysjärjestelmiä. Maakalusto- ja puhtaanapitojaos toteuttaa lisäksi lennoston toiminta-alueen lentopolttoaineiden jakelun tehtävät ja laadunvarmistustoimintoja, sekä osallistuu rullausteiden ja seisontatasojen puhtaanapitoon, sekä tukikohdan muihin tukipalveluihin. Jaos kouluttaa varusmiehiä lentoteknisen alan tukipalveluihin. (Lentotekniikkalaivueen toimintakäsikirja 2015.)

3 KUNNOSSAPITO

Kunnossapito voi olla yrityksen yksi suurimmista kustannuksista. Siksi on tärkeää, että yritys hoitaa kunnossapitotoimet tarkoituksenmukaisesti. Tässä luvussa tutustutaan kunnossapidon teoriaan ja eri tapoihin toteuttaa yrityksen kunnossapito, siltä osin kuin se on työn kannalta oleellista.

3.1 Kunnossapidon määritelmä

Yritys, yhteiskunta tai kuluttaja asettaa omistamalleen käyttöomaisuudelle (joka voi olla laite, kone, tie, rakennus, jne.) jonkin vaatimuksen tai vaatimuksia sen toiminnan suhteen. Kunnossapidon tehtävänä on mahdollistaa omaisuuden vaatimusten mukaisen toiminnan jatkuminen kohteen koko elinkaaren ajan. (Järviö 2006, 11–12.)

Kunnossapidosta on ihmisten mielessä erilaisia käsityksiä, mutta usein se ymmärretään suppeasti vain vikojen korjauksena tai osien vaihtamisena vikaantuneesta laitteesta. Kunnossapidon määrittely ei ole aivan yksiselitteistä ja eri aloilla kunnossapidon sisältö ja merkitys voi vaihdella. Kunnossapidon tarkoitus on kuitenkin nimensä mukaisesti pitää kohde kunnossa ja säilyttää sen alkuperäiset ominaisuudet. (Smith & Mobley 2008, 5.)

EU:n standardin SFS-EN 13306 mukaan kunnossapito määritellään kuten edellä: ”Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon.” (SFS-EN 13306.)

Kaikkien kunnossapito-organisaatioiden ensisijainen tavoite on huollettavien kohteiden luotettavuus. Kunnossapidon muita tavoitteita ovat mm. työkuorman hallinta suunnitelmallisuuden ja aikataulujen noudattamisen avulla, huoltokohteiden käytettävyyden jatkuva parantaminen ja vikatilanteisiin reagoinnin optimointi mahdollisimman nopeaksi. (Smith, Hawkins 2004, 33.)

3.2 Kunnossapidon kehitysvaiheet

Niin kauan kuin on ollut vikaantuvia kohteita, on ollut myös kunnossapitoa. Kunnossapito on vuosien saatossa tieteellisten menetelmien ja opitun tiedon myötä kehittynyt vikojen korjaamisesta monimutkaisiin kunnossapidon hallintajärjestelmiin. Ensimmäisen sukupolven laitteet olivat pääsääntöisesti hyvin yksinkertaisia ja rakenteeltaan ylimitoitettuja, jolloin viat olivat usein helppoja korjata, eikä niiden esiintymistiheys ollut kovin suuri. Lisäksi koneita oli mahdollista pitää seisokissa, sillä niitä ei oltu integroitu prosesseihin kovin vahvasti. Ennakoiva kunnossapito oli pääasiassa vähän osaamista vaativaa puhdistus-, voitelu-, ja säätämistyötä. Koneet rikkoutuivat yleensä elinkaarensa loppupäässä. (Järviö 2006, 16.)

Kunnossapidon toinen sukupolvi syntyi toisen maailmansodan aikana samaan aikaan ensimmäisten laatu järjestelmien yhteydessä, jolloin aseita valmistettiin erittäin suuria määriä koneiden automaatiota ja integraatiota lisäämällä. Tilaajan spesifikaatioiden perusteella pyrittiin parantamaan tuotteiden laatua ja yhdenmukaistamaan tuotantoa, vaikka osaamistaso ja työvoiman määrä vaihtelivat. Käytettävän koneen tehokkuuden merkitys yrityksen kannattavuuteen kasvoi merkittävästi, jolloin myös esimerkiksi seisokki aiheutti merkittäviä kustannuksia. Kustannusten kasvaessa alettiin myös kunnossapidon suunnitteluun ja johtamiseen keskittyä paremmin, jolloin kunnossapidosta muodostui organisoidumpaa ja tehokkaampaa. Toisen sukupolven kunnossapito oli pääasiassa jaksotettua, jolloin huollot suoritetaan ennalta määrätyissä jaksoissa. (Järviö 2006, 16.)

Kunnossapidosta voidaan lisäksi Järviön (2006, 16-20) mukaan tunnistaa kolmas ja neljäs sukupolvi. Teknologian kehittyessä, monimutkaistuesssa ja sen merkityksen yhtiölle kasvaessa, kasvaa edelleen myös kunnossapidon taloudellinen merkitys yritykselle. Kolmannen sukupolven myötä alettiin hyödyntää tarkkoja analyysejä, sekä erilaisia hallintajärjestelmiä laitteiden vikaantumisten seurannassa ja huoltojen kehittämisessä. Esimerkiksi lentokoneiden huolloissa käytettävä RCM-järjestelmä (Reliability Centered Maintenance) selvittää laitteiden todelliset vikaantumismetodit, jolloin kunnossapito voidaan kohdistaa tarkasti oikeaan laitteeseen. Järjestelmä mahdollistaa esimerkiksi käyntiajan perusteella tapahtuvan huollon, joka on mitoitettu juuri oikein. RCM on kuitenkin tarkoitettu lähinnä ehdotonta luotettavuutta vaativiin tai erityisen arvokkaissa prosesseissa oleviin kohteisiin, kuten esimerkiksi lentokoneet tai ydinvoimalat, sillä järjestelmän ylläpito on raskasta ja siten hyvin kallista. (Järviö 2006, 16-20, 123.)

3.3 Kunnossapitolajit

Kunnossapitostrategian valinnassa tulee ottaa huomioon mm. huollettavan kohteen arvo, sen merkitys yrityksen toimintaan, elinkaari, turvallisuus ja ympäristö. Järviön (2006, 41) mukaan kunnossapidossa voidaan tunnistaa viisi päälajia, joista vikojen ja vikaantumisten selvittäminen ei toistaiseksi sisälly kunnossapidon standardeihin.

Huolto

Huollon tarkoitus on pitää laitteen ominaisuudet suunniteltuina tai palauttaa huonontunut toimintakyky ennen vian tai vaurion syntyä. Pääsääntöisesti huolto on jaksotettua käyttöajan, määrän ja käytön rasittavuuden mukaan. Huollon toimiin kuuluvat mm. käytönaikea kunnossapito, puhdistus, voitelu, kuluvien osien vaihtaminen ja kalibrointi. Huollon ja ehkäisevän kunnossapidon ovat osittain päällekkäisiä. (Järviö 2006, 44.)

Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon päämääränä on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai kohteen suorituskyvyn heikkenemistä seuraamalla koneen suorituskykyä tai muita parametreja. Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään joko tarvittaessa tai aikataulutetusti. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu mm. tarkastaminen, kunnonvalvonta, testaaminen ja vikaantumistietojen analysointi. Ehkäisevän kunnossapidon avulla kohteen luotettavuus on mahdollista saada täysin varmaksi, mutta taloudellisista syistä näin korkea taso saavutetaan vain äärimmäisen suuren onnettomuuden tai taloudellisen menetyksen aiheuttavissa kohteissa. Ehkäisevää kunnossapitoa kannattaa käytännössä tehdä, jos sen kustannukset ovat pienemmät kuin vaurion tai vahingon aiheuttamat menetykset, mutta vain jos kohteelle on olemassa tehokas ennakkohuoltomenetelmä. (Järviö 2006, 45, 67, 69.)

Korjaava kunnossapito

Korjaavan kunnossapidon tarkoitus on palauttaa osa tai komponentti käyttökuntoon. Korjaava kunnossapito voi olla suunnittelematonta vikakorjausta tai suunniteltua kunnostusta. Korjaavaan kunnossapitoon kuuluu mm. vian määrittäminen, tunnistaminen ja paikallistaminen, itse korjaus ja toimintakuntoon palauttaminen. (Järviö 2006, 44.)

Parantava kunnossapito

Parantavan kunnossapidon tavoitteena on kohteen alkuperäistä rakennetta tai toimintaa muuttamalla tai uudelleen suunnittelemalla parantaa sen ominaisuuksia, luotettavuutta tai

suorituskykyä. Siihen kuuluvat myös modernisaatiot, joilla kohteen toimintaa muutetaan vastaamaan muuttuneita olosuhteita (Järviö 2006, 45.)

3.4 Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu ja aikatauluttaminen

Tehokas ehkäisevä kunnossapito edellyttää työn suunnitelmallisuutta ja aikatauluttamista. Huolellisesti suunniteltu työ vähentää viiveitä työn aikana ja huolellisesti aikataulutetut työt taas vähentävät töiden välissä esiintyviä viiveitä. Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelulla on oleellinen merkitys koko kunnossapidon toimintaan ja tehokkuuteen (Järviö 2006, 68). Järviön (2006, 67) mukaan toimivan kunnossapidon tunnistaa, kun noin 80 % työkuormasta on tiedossa jo noin kolme viikkoa etukäteen. Huollon toimenpiteet on tällöin mahdollista suunnitella, hankkia varaosat ja aikatauluttaa työt siten, että kohde saadaan huollettua mahdollisimman nopeasti. Aikatauluttaminen toimii tehokkaimmillaan silloin, kun kunnossapitäjille voidaan osoittaa ainakin viikon työt etukäteen. Aikatauluttamalla kunnossapitotyöt voidaan myös jakaa työt mielekkäiksi kokonaisuuksiksi ottaen huomioon työntekijöiden osaamisen, kiinnostuksen ja tuntimäärien mukaan. Laajoihin tehtäviin saadaan myös varmasti oikea määrä työntekijöitä. Käytettävissä olevat työtunnit tulevat myös näin tehokkaimmin käytetyksi. (Järviö 2006, 75.)

Sotilasilmailun viranomaisyksikön sotilasilmailun huoltotoimintavaatimukset SIM-To-It-001 kohta 145.47 velvoittaa toteuttamaan tuotannon suunnittelun seuraavasti: ”Huolto-organisaatiolla on oltava suunnitellun huoltotyön määrään ja vaativuuteen nähden menettelyt, joiden avulla varmistetaan tarvittavan henkilöstön, työkalujen, varusteiden, materiaalien ja tarvikkeiden, huoltotietojen ja toimipaikkojen saatavuus.” (SIM-To-It-001 2007, 12.)

3.5 Lentoteknisten huoltovälineiden huoltoprosessi

Laatu on erottamaton osa ilmavoimien johtamiskulttuuria ja se on ollut vahvasti integroitu kaikkeen toimintaan koko ilmavoimien historian ajan. Kaikessa toiminnassa keskeinen näkökulma on lentoturvallisuus. Laatujärjestelmät on rakennettu ilmavoimien Laatukäsikirjan ohjeiden mukaan ja ne koskettavat lento- ja maapalvelutoimintaa. Laatujärjestelmän tavoite on sama kuin organisaation toiminnan päätavoite, jossa laatujärjestelmä

ohjaa prosessia niin, että haluttuun tulokseen päästää tehokkaasti, turvallisesti ja mahdollisimman taloudellisesti. Maapalvelussa laatua on toteuttaa prosessi annettujen ohjeiden ja koulutuksen mukaisesti. (MAPO 2001, 104.)

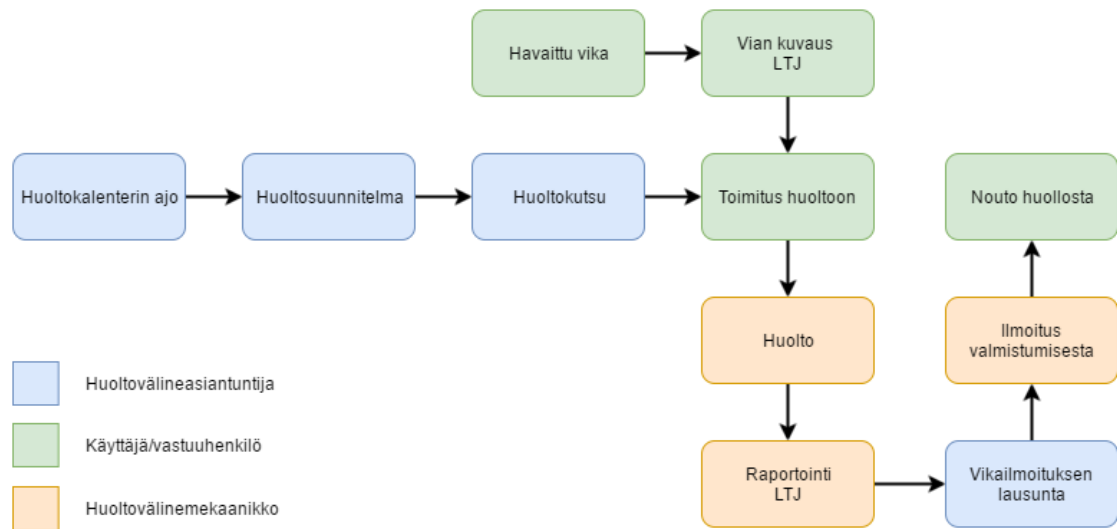
Ilmavoimat ja Patria käyttävät huoltotoiminnan ja lentoteknisen materiaalin hallintaan LTJ (lentoteknillinen logistiikan tietojärjestelmä) -järjestelmää. LTJ on käytössä pääasiassa huollon sekä logistiikan toimijoilla ja sen tarkoituksena on tehostaa materiaalitoimintoja, alentaa käyttökustannuksia ja parantaa lentokaluston käytettävyyttä. LTJ sisältää mm. huoltokierrossa olevan laitteen sijainnin, huoltotapahtumat, käyttö- ja huolto-ohjeet, sekä varaston toiminnassa saldotietoja, hintoja jne. Jäljitettävyys on ilmailussa myös lentoturvallisuuden kannalta tärkeää. Laitteen huoltoon käytetyt kalibroivat mittalaitteet löytyvät laitteen huoltohistoriasta, jolloin viallisen mittalaitteen aiheuttamat mahdolliset virheet on mahdollista jäljittää laitteeseen. (MAPO 2001, 97.)

Lentoteknisiä huoltovälineitä ovat maa- ja mittalaitteet, sekä työkalut. Lentotekniikkalaivue suorittaa lentoteknisten huoltovälineiden tarkastus-, huolto-, korjaus ja kalibrointitoimenpiteitä laitekohtaisten huolto-ohjeiden mukaan. (Lentotekniikkalaivueen toimintakäsikirja 2015, 25) Maalaitehuollossa erilaisia huollettavia nimikkeitä on satoja. Tämä aiheuttaa haasteita mm. logistiikalle, työnsuunnittelulle, henkilöstön osaamiselle ja huolto-tilan vaatimuksille. Laitteiden laadukas ja oikea-aikainen huoltotyö on oleellisen tärkeää lentokaluston käytettävyyden, turvallisuuden ja tehokkaan toiminnan kannalta.

Maalaitehuollon laitteet huolletaan pääasiassa aikaperusteisesti, useimmiten 12 tai 24 kk jaksoissa riippumatta niiden käytöstä. Esimerkiksi lentokoneiden eri osien huollot on mittauksilla, mallinuksilla ja kokemuksilla kohdennettu tarkasti haluttuihin kohteisiin, jolloin huollot toteutetaan yleensä lentotuntien perusteella. Tämän mahdollistaa minuutin tarkkuudella LTJ:lle kirjatut lentoajat. Vastaavia järjestelmiä käytetään esimerkiksi myös ydinvoimaloissa. Aikaperusteinen huoltotapa ei ole kunnossapidollisesti välttämättä kustannustehokkain ratkaisu (Järviö 2006, 53-54), mutta huollettavien maalaitehuollossa laitteiden vikaantumisen aiheuttamat riskit tai kustannukset eivät pääsääntöisesti ole riittävän suuret, jotta käyntiaikaa olisi mahdollista kustannus- tai resurssitehokkaasti seurata. (Smith 2008, 38.)

Valmistajan ohjeet yleensä myös asettavat erilaisille huoltokohteille tietyt määräajat, joita on noudatettava riippumatta laitteen käyttömäärästä. Huoltojaksot on asetettu LTJ-järjestelmään ja niiden vanhenemista hallinnoi asiantuntija. Myös huollot luodaan lähtökohtaisesti aina LTJ-järjestelmään, jossa huoltotehtävä kuitataan tehdyksi. LTJ:n lisäksi täytetään myös huoltopöytäkirjaa, sillä LTJ:lle ei ole luotu vaihteleville huoltotehtäville saraketta. Huoltotehtävä olisi kuitenkin mahdollista toteuttaa siten, että LTJ:n huoltoikkunalla näkyisi kaikki tarvittavat huoltotehtävät. Huoltopöytäkirjasta luopuminen parantaisi jäljitettävyyttä, vähentäisi päällekkäistä paperityötä ja pienentäisi virheen ja unohduksen riskiä. Lisäksi huollon sisällön ollessa etukäteen tiedossa LTJ:llä, voitaisiin varaosat ja tarvikkeet tilata reilusti etukäteen. LTJ:n toimintojen kehittäminen ei ollut tämän työn aihepiirissä, mutta jatkossa asiaan perehtyminen ja järjestelmän kehittäminen voisi vapauttaa resursseja parempaan käyttöön.

Maalaitahuolto toimii tällä hetkellä prosessikaavion 3 mukaisella tavalla, jonka Ahonen (2013, 16-17) työssään kuvaa. Kaaviota on muokattu selkeyden vuoksi alkuperäisestä, eikä se sisällä alihankintana toteutettavia huoltoja. Huoltoprosessi alkaa huoltovälineasiantuntijan suorittaessa viikoittain huoltokalenterin ajon, jolloin LTJ:ltä poimitaan noin neljän viikon sisällä vanhenevat laitteet. Huoltokalenteri on LTJ:n toiminto, jolla seurataan vanhenevia laitteita ja sitä seuraa pääasiassa huoltovälineasiantuntija. Laitteet lisätään huoltosuunnitelmaan ja huoltokutsu lähetetään sähköpostitse laitteiden vastuuhenkilölle, tämän esimiehelle, sekä maalaitemekaanikolle. Laitteen toimituksessa on eroja lentueiden, jaosten, käyttäjien sekä laitteiden osalta. Osa laitteista on vaikeasti liikuteltavissa, jolloin niitä ei ole tarkoituksenmukaista siirtää huoltotiloihin, vaan huolto suoritetaan kohteen luona. Tällöin laitteen vastuuhenkilöltä ei vaadita siirron osalta toimenpiteitä. Suuri osa laitteista kuitenkin toimitetaan määrättyyn huoltopaikkaan käyttäjän toimesta. (Ahonen 2013, 16–17.) Laitteen siirtoon tarvittava energia on sama riippumatta kuka laitteen toimittaa, mutta vakiintuneeksi toimintatavaksi on muodostunut käyttäjän toimitus. Perusteena käyttäjän toteuttamalle siirrolle on esimerkiksi käyttäjän parempi tilannetietoisuus laitteen sijainnista, sekä maalaitahuollon rajalliset resurssit.



KUVIO 3. Huolto- ja korjausprosessi (Ahonen 2013, 18, muokattu)

Laitteen huoltaa maa-/mittalaitemekaanikko. Maalaitemekaanikon vastuulle kuuluu myös huollon raportointi LTJ-järjestelmään, sekä ilmoittaa tarvittaessa laitteen vastuuhenkilölle valmistumisesta, jonka jälkeen laite on valmis noudettavaksi. Tällöin laite yleensä odottaa huollon tiloissa noutoa, kunnes käyttäjä tai vastuuhenkilö noutaa sen. Osa huolloista suoritetaan alihankintana, jolloin laite lähetetään varaston kautta logistiikkalaitokselle tai muulle toimijalle tai laite huolletaan alihankkijan toimesta maalaitahuollon tiloissa. (Ahonen 2013, 16–17.)

3.6 Huoltotilat

Ilmavoimissa edellytetään huolto- ja varastotiloilta hyvää siisteyttä ja järjestystä, sillä huono järjestys mm. voi johtaa tapaturman syntyyn ja huonontaa viihtyvyyttä. Epäpuhtaudet voivat aiheuttaa myös haittaa ilma-aluksille tai muille huollettaville laitteille. Leaniin ja ylipäänsä laadukkaaseen toimintaan kuuluu toteuttaa huoltotila sellaiseksi, jossa laitteen huolto sujuu mahdollisimman tehokkaasti, niin ettei työntekijä esimerkiksi joudu turhaan etsimään työkaluja tai varaosia. Lisäksi maapalveluohje, sekä sotilasilmailun huoltotoimintavaatimukset antavat huoltotiloille omat vaatimukset. (MAPO 2001, 49-50, SIM-To-It-001 2007, 7.) Maalaitahuollossa huollettavia laitteita on satoja erilaisia, joten huoltotiloja, työkaluja ja -välineitä ei ole mahdollista optimoida tehokkaimmalla mahdollisella tavalla. Tuotantolaitoksessa, jossa yhdessä pisteessä tehdään yhtä työtä, on työkalut helppo sijoittaa ja standardoida yhdelle paikalle, josta työntekijän on ne helppo

löytää. Maalaitahuollon tapauksessa tarvittavia työkaluja on satoja, joista osa on käytössä jatkuvasti ja osa vain harvoin, esimerkiksi kerran vuodessa. Työkaluja ei siis voida sijoittaa juuri yhtä laitetta varten. Pääosa työkaluista sijaitsee liikuteltavissa vaunuissa, jotka on helppo kuljettaa huoltokohteen luo. Vaunuissa on varjoilla merkityt paikat työkaluille, jotta vaunut olisi helppo inventoida. Työkalut myös tarkastetaan aina huollon päätteeksi.

Harvemmin käytettävät työkalut sijaitsevat pääsääntöisesti hyllypaikoilla. Hyllyillä olevat huoltolaitteet ovat osittain merkittyjä ja järjestykseltään osin sekavat. Viime aikoina merkintöjä on parannettu, mutta merkinnöissä ja järjestyksessä olisi huomattavasti parannettavaa. Laitteita on paljon ja niiden hallinta vaatii ylimääräistä aikaa, minkä vuoksi hyllyillä olevilla tuotteiden sijainnilla olisi hyvä olla selkeä logiikka ja hyvät merkinnät, jotta työkalun etsimiseen ei kuluisi turhaan aikaa. Tällä hetkellä maalaitahuollossa toimii koneiden henkilöiden lisäksi myös määräaikaista sopimussotilaita, jotka työskentelevät maalaitahuollossa korkeintaan vuoden verran. Pitkään pisteellä toimineet kokevat löytävänsä huoltolaitteet hyvin, mutta uusilla työntekijöillä on hieman vaikeuksia löytää haluamiansa tuotteita hyllyistä. Tällä saralla olisi mahdollista toteuttaa esimerkiksi 5S- tai layoutprojekti, mutta työn rajauksen vuoksi tässä työssä ei perehdytä tätä tarkemmin aiheeseen.

3.7 Logistiikka ja varaosahankinnat

Huollettavien laitteiden määrän vuoksi on myös tarvittavia materiaalinimikkeitä oltava paljon. Varaston kapasiteetti on kuitenkin rajallinen ja sen ylläpito aiheuttaa merkittäviä kustannuksia, joten varastoitavien varaosien määrän tulisi olla mahdollisimman pieni, jolloin esimerkiksi pienennetään materiaalin arvon laskemisen riskiä, tilan tarve pienenee ja henkilöstön kuormitus voi laskea. Vaakakupin toisella puolella painavat muun muassa huoltovarmuus, johon vaikuttavat myös sotilasorganisaation vaatimukset. Säännöllisesti tehtävien huoltojen tarvitsemat varaosat ovat kohtuullisen helppoja ennustaa laitteiden lukumäärän ja huoltotarpeen mukaan, mutta vikojen aiheuttamien varaosatarpeiden ennakointi vaatii tietoa laitteen vikaantumishistoriasta.

Maalaitahuollon näkökulmasta materiaalilogistiikka toimii, kun varaosat ovat oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Maalaitahuollon toiminnan prosessia tutkiessa huomattiin, että

huolloissa tarvittavat suodattimet olivat osittain ilman valvontaa maalaitehuollon hyllyillä ja osa taas varaston vastuulla. Tähän vaikuttaa materiaalin paikallishankittavuus. Suodattimet ostetaan joko lennoston toimesta suoraan toimittajalta tai ne kulkevat materiaalilaitoksen ja varaston kautta, riippuen siitä, onko tuote paikallishankittava vai ei. Tuotteet, jotka eivät ole paikallishankittavia kuuluvat yleensä laitteisiin, jotka tulevat suoraan kiinni lentokoneeseen, mutta tämä rajausta ei kuitenkaan pidä kaikissa tapauksissa paikkaansa. Kuitenkin riippumatta tuotteen hankintatavasta, tulisi sen olla varaston hallinnassa, sillä huoltoja suunniteltaessa täytyy voida olettaa, että materiaali on huollon alkaessa saatavilla. (Campbell, J. & Jardine, A. 2001, 20.)

4 LEAN

Leanin teoriapohjana käytetään suureksi osaksi Modigin & Åhlströmin teosta Tätä on lean. Kirjassa kuvataan havainnollistavin esimerkein leanin etuja myös yrityksille, jotka eivät toimi valmistavassa teollisuudessa.

Lean on käsitteenä monelle tuttu, mutta kysyessä mitä lean on, ovat vastaukset kirjavia. Aiheesta on runsaasti kirjallisuutta eri aloille suunnattuina, joissa osassa lean on menetelmä, työkalu tai työskentelytapa, kun toisissa leania pidetään filosofiana, kulttuurina tai perinteenä. Leanille ei vielä ole yleisesti hyväksyttyä määritelmää, mutta abstraktiotasosta riippuen se voi olla kaikkea yllä mainittua. Leanin voidaan kuitenkin sanoa olevan virtaustehokkuuteen ja asiakaskeksisyyteen keskittyvä toimintastrategia. Siirryttäessä tarpeeksi korkealle abstraktiotasolle, voidaan leania soveltaa lähes millä tahansa liiketoiminnan alalla. (Modig & Åhlström, 85, 88.)

4.1 Historia

Toyota ei välttämättä ollut ensimmäinen yritys, joka kehitti monia virtauskeskeisessä tuotannossa käytettävistä menetelmistä ja työkaluista, mutta useimmiten virtaustehokkaaseen tuotantoon yhdistetään juuri Toyota (Modig & Åhlström 2013, 163). Toyota ryhtyi valmistamaan henkilöautoja jo vuonna 1935, mutta ne olivat laadultaan huonoja ja yksinkertaisia. Vuonna 1950 Eiji Toyoda vieraili Fordin tehtaalla oppiakseen massatuotannon menetelmät. Tuohon aikaan Toyota oli valmistanut koko olemassaoloaikanaan noin 2700 ajoneuvoa, kun Ford valmisti niitä tehtaallaan 7000 kappaletta päivässä. Toyoda ei kuitenkaan voinut suoraan soveltaa Fordin massatuotantotekniikoita, sillä Japani kärsi toisen maailmansodan jälkeen raaka-ainepulasta, eivätkä markkinat vielä kaivanneet tarpeeksi autoja massatuotannolle. Lisäksi Japanin tarve autoille oli monimuotoinen, kun Ford valmisti ainoastaan T-mallia, aluksi vielä vain mustana. Tuotantoa täytyi siis tehdä kevyemmäksi, johon Toyotan silloinen tuotantoinsinööri Taichi Ohno ryhtyi. Yhdessä ryhmänsä kanssa he kehittivät Toyota Production Systemin, jonka tavoite oli olla mahdollisimman vähän resursseja tuhlaava ja tehokas. (Nicholas 2011, 8-9.)

Kirjan *Toyotan Tapaan* (Liker 2006) mukaan Taichi Ohno ei vaikuttanut Fordin toiminnasta, mutta vierailtuaan matkalla paikallisessa supermarketissa Ohno vaikutti kaupan toiminnasta. Kauppojen tehokas ja hyvin ajoitettu hankinta pystyi vastaamaan asiakkaiden vaihteleviin tarpeisiin. Tästä kehittyi ns. imuohjaus, jossa prosessin toisesta vaiheesta tuli asiakas ja edellisestä asiakkaan supermarketti, josta sai haluamansa tuotteen ja tuotteen tilalle valmistettiin uusi. Imuohjaus on osa laajempaa joukkoa periaatteita, jota kutsutaan JIT:ksi (just in time). Sen tarkoitus on mahdollistaa oikea määrä tuotteita oikeaan aikaan oikeaan paikkaan lyhyillä läpimenoajoilla. Ilman imuohjausta JIT ei toimi. (Liker 2006, 22–23.)

1980-luvun lopussa länsimaiset tutkijat alkoivat kiinnostua Toyotasta ja erityisesti sen kehittämästä tuotantofilosofiasta, TPS:stä (Toyota Production System). Lean siis perustuu paljolti TPS-tuotantojärjestelmään, mutta ne ovat kuitenkin eri käsitteitä. Vuonna 1988 John Krafcik kirjoitti artikkelin *Triumph of the Lean Production System*. Tämä oli ensimmäinen viittaus lean-käsitteeseen. Artikkelin vertasi järeää ja haurasta tuotantomenetelmää toisiinsa ja totesi, että suuren tehtaan mittakaavaetu ja huipputekniikka eivät välttämättä olekaan avain menestykseen. Toyotan tehtaalla oli pienet varastot, pienet puskurit ja yksinkertainen tekniikka, mistä johtaa käsite hauras tuotantomenetelmä. Hauraan (engl. fragile) kielteinen sävy ei kuitenkaan miellyttänyt Krafcikia, sillä Toyotan menetelmällä saavutettiin sekä hyvä tuottavuus, että laatu. Siksi Krafcik nimesi hauraan tuotantomenetelmän leaniksi (engl. hoikka, niukka). (Krafcik 1988). Myöhemmin Krafcik oli mukana kehittämässä artikkelin ajatuksia International Motor Vehicle Program – tutkimusohjelmassa. Ohjelmaan kuului johtavia tutkijoita ympäri maailman ja se toteutettiin Yhdysvalloissa MIT:n yliopistolla. Tutkimukseen perustuen julkaistiin kirja *The Machine That Changed the World*. Kirjassa osoitettiin, että Toyotan tehokkuustaso oli huomattavasti parempi kuin kilpailijoilla ja kuvattiin mitä lean-tuotanto sisältää. (Modig & Åhlström 2013, 77-79.)

4.2 Määritelmä

Leanin määrittelyn vaikeus johtuu siitä, että kirjallisuudessa eri abstraktiotasoja sekoitetaan keskenään. Ylin abstraktiotaso sisältää yleisen määritelmän, jossa leania pidetään filosofiana, kulttuurina, arvoina, ajattelutapana jne. Yrityksen filosofia tai arvot määrää-

vät mitkä alemman tason keinot ovat yritykselle sopivia. Toisella tasolla lean on parannuskeino, laatujärjestelmä, tuotantojärjestelmä, jne. Matalalla abstraktiotasolla päästään menetelmiin, työkaluihin ja hukan poistamiseen. Kirjallisuus perustuu usein matalan abstraktiotason toimiin, jotka voivat olla hyvin alakohtaisia. Esimerkiksi teollisuuden työkalut eivät luultavasti sovellu terveydenhuoltoon, mutta leanilla voidaan saavuttaa molemmilla aloilla suuria parannuksia. Vaarana onkin, että moni yritys hylkää leanin, koska kuvittelee sen soveltuvan vain tuotantoteollisuuteen. Monesti myös ajatellaan, että matalan abstraktiotason työkalut olisivat itsessään ongelman ratkaisu, vaikka tosiasiaa niiden tarkoituksena on vain kaivaa ongelmat esiin. Tulee myös muistaa, että lean ei ole keino vaan päämäärä. (Modig & Åhlström 2013, 88-90.)

Lean-ajattelu voidaan Likerin (2006, 7) mukaan tiivistää viiteen peruseriaatteeseen, jotka ovat

- arvon määrittäminen asiakkaan näkökulmasta
- arvovirran tunnistaminen
- virtauksen toteuttaminen
- imun järjestäminen
- täydellisyyden tavoittelu.

4.3 Resurssi- ja virtaustehokkuus

Virtaustehokkuuden arvioinnissa tulisi aloittaa määrittämällä prosessin alku- ja loppupisteet, sekä tarkasteltava virtausyksikkö. Virtausyksikkö voi olla esimerkiksi tuote, informaatio tai asiakas. Tässä työssä tarkasteltava virtausyksikkönä on jokin huollettava laite, ja asiakkaana laitteen käyttäjä tai vastuhenkilö. Laitteen voidaan katsoa olevan maalaittehuollon huoltoprosessissa, kun laitetta ryhdytään viemään huollettavaksi. Laite poistuu prosessista sen ollessa käytettävissä ja oikeassa paikassa. Kunnossapidon arvovirta sisältää myös vikailmoitukset, työtilauksen, työsuunnitelman, aikatauluttamista, työn toteutusta ja kommunikointia. Kunnossapidossa arvovirta on aina virtaus toimenpiteestä seuraavaan, tavoitteena tuottaa kunnossapitopalveluita ilman hukkaa ja odotusta. (Modig & Åhlström 2013, 20-22, 50.)

Yksi tärkeimmistä resurssi- ja virtaustehokkuuteen vaikuttavista lainalaisuuksista on nimeltään Littlen laki. Littlen lain mukaan läpimenoaika riippuu suoraan keskeneräisten virtausyksiköiden määrästä ja yhden virtausyksikön käsittelyyn kuluva ajasta kaavan 1 mukaan. (Modig & Åhlström 2013, 34-37.)

$$\text{Läpimenoaika} = \text{keskeneräisten virtausyksiköiden määrä} \cdot \text{jaksonaika} \quad (1)$$

Keskeneräinen virtausyksikkö tarkoittaa kaikkia virtausyksiköitä, jotka ovat valittujen prosessin rajojen sisäpuolella ja jotka eivät vielä ole valmiita. Keskeneräiset virtausyksiköt siis kasvattavat läpimenoaikaa yhtä paljon kuin jaksonaika. (Modig & Åhlström 2013, 34-37.)

Jaksonajalla tarkoitetaan kahden virtausyksikön prosessista poistumisen välistä aikaa. Jotta jaksonaika pysyisi lyhyenä, resursseja tulisi hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti, mielellään sataprosenttisesti, jolloin puskurissa on oltava virtausyksiköitä, joilla varmistetaan resurssien maksimaalinen kuormitus. Tällöin kuitenkin läpimenoaika kasvaa keskeneräisten virtausyksiköiden määrän vuoksi, jolloin virtaustehokkuus huononee ja läpimenoaika kasvaa. (Modig & Åhlström 2013, 34-37.)

Littlen lain ja tehokkuusmatriisin periaatteiden puitteissa virtaustehokkuutta voidaan parantaa seuraavilla neljällä tavalla:

- työskentelemällä nopeammin, jolloin jaksonaika pienenee
- lisäämällä resursseja, jolloin kapasiteetti paranee ja jaksonaika lyhenee
- poistamalla tai vähentämällä prosessin vaihtelua
- vähentämällä keskeneräisten virtausyksiköiden määrää karsimalla jonojen muodostumisten syitä. (Modig & Åhlström 2013, 45.)

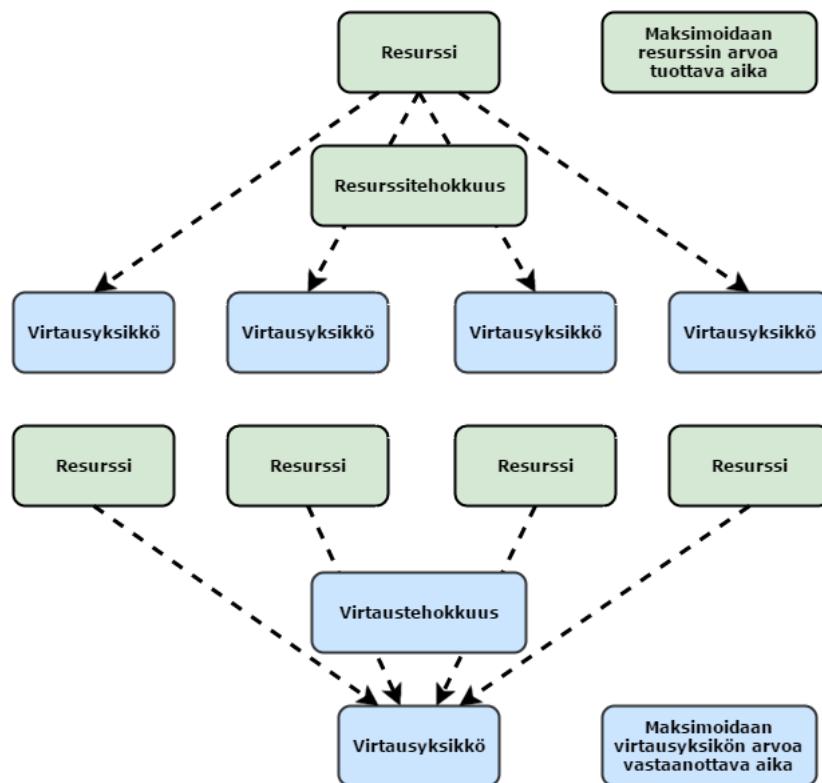
Nopeammin työskentely ei varsinkaan lentokoneympäristössä ole järkevä vaihtoehto, sillä kiireellä voi olla haitallisia vaikutuksia työn laatuun. Työntekijöiden kuormitus on osin jo ennestäänkin korkea, joten käytännössä toimintaa ei nopeutta kasvattamalla voi kehittää. Resurssien lisääminenkin ei nykyisen henkilöstösuunnittelun rajoissa ole mahdollista, eikä välttämättä edes tarpeellista, sillä nykyisiä toimintatapoja ja menetelmiä kehittämällä resurssit voi olla mahdollista saada riittämään paremmin nykyiselläänkin.

Perinteisesti yritykset ovat keskittyneet toiminnassaan resurssitehokkuuteen. Tehokkaasti käytettyä resurssia hyödynnetään mahdollisimman paljon, eli maksimoidaan resurssin arvoa tuottava aika. Hyvä virtaustehokkuus taas tarkoittaa, että virtausyksikkö etenee prosessin läpi nopeasti eli toisin sanoen maksimoidaan virtausyksikön vastaanottama aika. Virtaustehokkuus voidaan laskea kaavalla 2 ja resurssitehokkuus kaavalla 3.

$$\text{Virtaustehokkuus} = \frac{\text{Virtausyksikölle arvoa tuottava aika}}{\text{Kokonaisaika}} \% \quad (2)$$

$$\text{Resurssitehokkuus} = \frac{\text{Resurssien arvoa tuottava aika}}{\text{Kokonaisaika}} \% \quad (3)$$

Virtaustehokkuus maksimoidaan, kun virtausyksikölle arvoa tuottama aika on pitkä suhteessa kokonaisaikaan. Hyvä resurssitehokkuus toteutuu kaavan 3 mukaan siten, että resurssien arvoa tuottava aika olisi mahdollisimman pitkä suhteessa kokonaisaikaan. Resurssien tehokas hyödyntäminen on tärkeää, mutta optimaalisessa tilanteessa myös virtaustehokkuus olisi hyvä. Hyvän asiakastytyväisyyden saavuttamiseksi tarvitaankin sekä resurssi-, että virtaustehokkuutta. Resurssi- ja virtaustehokkuuden eroja havainnollistaa vielä kuvio 4. (Modig & Åhlström 2013, 20-22, 50.)



KUVIO 4. Resurssi- ja virtaustehokkuus (Modig & Åhlström 2013, 21, muokattu)

Intuition vastaisesti resurssien maksimaalinen käyttö voi vähentää tehokkuutta, sillä kuormitettu työntekijä ei voi ottaa vastaan ylimääräistä työtä keskeyttämättä tekeillä olevaa tapahtumaa. Tämä on suora seuraus Littlen lain kaavasta. Resurssin täysi kuormitus voi aiheuttaa erilaisia viivästyksiä ja häiriöitä toimintaan, kun prosessissa tapahtuu jokin poikkeama. Tehottomuutta resurssikeskeisessä toiminnassa aiheuttaa ensimmäisenä pitkät läpimenoajat. Läpimenoajan kasvaessa syntyy toissijaisia tarpeita, joita ei ennen ollut olemassakaan. Tästä syntyy ikään kuin domino-ilmiö, jossa yksi ongelma johtaa seuraavaan. Ensimmäisen dominon kaataa usein juuri pitkät läpimenoajat. (Modig & Åhlström 2013, 20-22, 49-50.)

Toinen tehottomuutta aiheuttava tekijä on usean virtausyksikön samanaikainen käsittely, joka usein johtuu edellä kuvatusta resurssien ylikuormituksesta. Yhdellä ihmisellä tulisi olla pääsääntöisesti vain yksi työ kerrallaan, jotta työ ei turhaan keskeytyisi, sillä ihmisen kyky käsitellä useita asioita samanaikaisesti on usein heikko. Tästä syystä töiden kasaantuminen johtaa toissijaisiin tarpeisiin. Töiden kasaantumisen aiheuttajana on usein liiallinen resurssitehokkuuteen keskittyminen, sillä resurssitehokkaan organisaation on pidettävä huoli siitä, että työtä on aina tehtäväksi. Ylimääräisten virtausyksiköiden hallinnointi voi johtaa hallitsemattomaan tilanteeseen, jossa kokonaiskuvan muodostaminen on vaikeaa. Suuren virtausyksikkömäärän hallinnointi voi myös johtaa ylimääräisiin investointeihin. (Modig & Åhlström 2013, 51-55.)

Kolmas tehottomuutta aiheuttava tekijä on uudelleen aloittamisen tarve, joka on vahvasti sidoksissa kahteen ensimmäiseen lähteeseen. Ihmiselle on luontaista keskittyä yhteen asiaan kerrallaan ja mitä useammin tehtävän joutuu aloittamaan uudelleen, sitä suurempi on asetusajan suhde kokonaistyöaikaan. Esimerkiksi kesken jääneen huoltotyön aloittaminen uudelleen vaatii asetusaikaa ja synnyttää toissijaisia tarpeita. Henkilöltä kuluu aikaa pohdintaan, unohdusten ja virheiden todennäköisyys kasvaa, ja syntyy päällekkäistä työtä. Tässäkin tehottomuuden muodossa on kyse liiallisen resurssikeskeisyyden seurauksista: pitkä läpimenoaika ja kesken olevien virtausyksiköiden määrä. (Modig & Åhlström 2013, 55-58.)

Toissijaiset tarpeet syntyvät, kun asiakkaan ensisijaista tarvetta ei saada toteutettua. Yksi toissijainen tarve voi usein aiheuttaa toisen toissijaisen tarpeen ja sen yhteydessä turhaa lisätyötä. Lisätyön määrä voi olla hyvinkin merkittävä. Lisätyö onkin kehittynyt hävikin

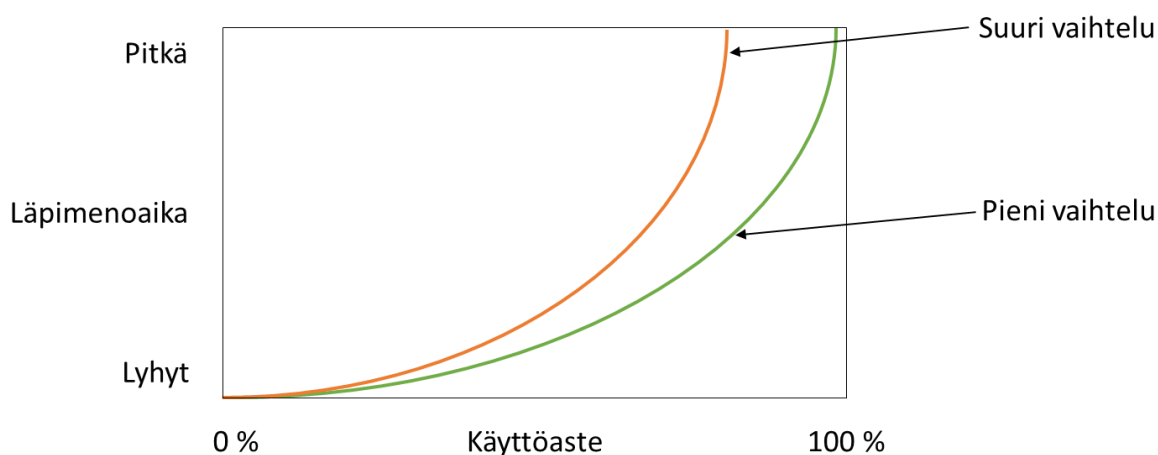
muoto, jota ei usein edes tunnisteta hävikiksi. Lisätyö koetaan arvoa tuottavaksi ja hyödylliseksi, vaikka todellisuudessa asiakkaalle ei koidu siitä lainkaan lisäarvoa. (Modig & Åhlström 2013, 58-60.)

Vähentämällä läpimenoaikaa, keskeneräisten virtausyksiköiden määrää ja uudelleen aloitettavien töiden määrää, vähenevät toissijaiset tarpeet ja sitä kautta lisätyö. Resursseja siis vapautuu, kun niitä ei hyödynnetä liiaksi. Virtaustehokkaassa organisaatiossa töitä ei tarvitse aloittaa uudelleen, koska virtausyksiköitä ei ole samanaikaisesti kuin muutama. (Modig & Åhlström 2013, 66-67.)

4.4 Vaihtelu

Jokainen prosessi sisältää vaihtelua, eli prosessissa on tapahtumia, joiden käyttäytymistä on vaikeaa tai mahdotonta ennakoita. Teoksessa Tätä on lean (2013, 40) painotetaan useaan otteeseen vaihtelun negatiivista vaikutusta prosessien virtaustehokkuuteen. Vaihtelun aiheuttajana on useimmiten resurssit, virtausyksiköt tai muut ulkoiset tekijät. Vaihtelu vaikuttaa joka tapauksessa negatiivisesti läpimeno-, saapumis- tai palveluaikoihin.

Vaihtelu huonontaa myös virtaustehokkuutta. Kuvio 5 selittää vaihtelun, resurssitehokkuuden ja läpimenoaikojen välisen suhteen. Kaavion on alun perin kehittänyt Sir John Kingman 60-luvulla selittämään jonojen syntymisen ilmiötä. Kingmanin kaavan mukaan jonon pituuteen vaikuttaa kolme tekijää, saapumisen vaihtelu, prosessin vaihtelu ja käyttöaste. Kirjassa Tätä on Lean sovelletaan jonojen muodostumisen ilmiötä läpimenoaikoihin. Kaaviosta voidaan nähdä, että läpimenoajat ovat pieniä, eikä jonoja juuri muodostu, kun resurssien käyttöaste on matala ja että käyttöasteen ylittäessä noin 80 % rajan, kasvavat läpimenoajat eksponentiaalisesti. Käyttöasteen pysyessä vakiona, voidaan myös nähdä, että suuri vaihtelu kasvattaa läpimenoaikoja. Vaihtelun merkitys läpimenoaikoihin ja siten prosesseihin on olennaista virtaustehokkuuden ymmärtämiseksi. (Lean Competency System 2016, Modig & Åhlström 2013, 42).



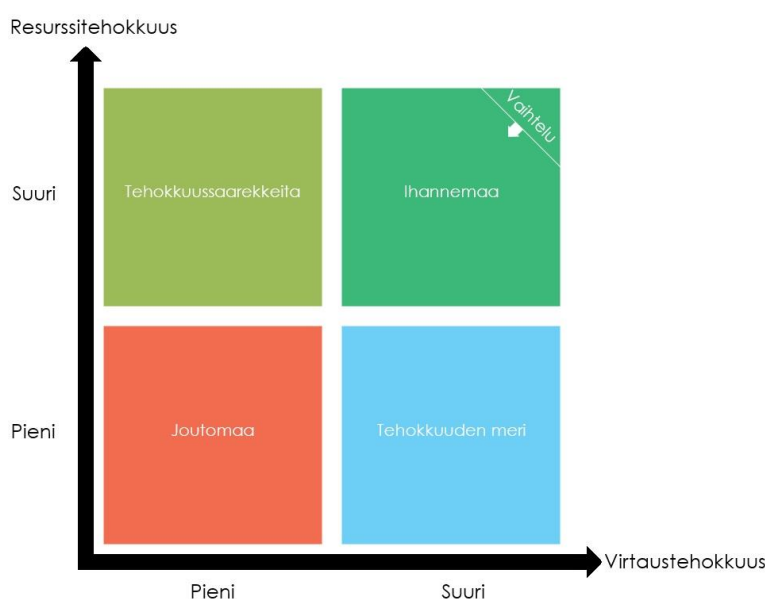
KUVIO 5. Kingmanin kaava (Modig & Åhlström 2013, 42, muokattu)

Resurssit aiheuttavat prosessissa erilaista vaihtelua, kuten henkilökunnan osaamistaso, käytettävien ohjelmistojen luotettavuus ja nopeus, sekä ihmisten vaihteleva motivaatio tai vireystila. (Modig & Åhlström 2013, 40). Vaihtelua voidaan vähentää esimerkiksi standardoimalla työvaiheita, eli kunnossapidon kannalta käytännössä noudattamalla määritellyjä toimintatapoja sekä huolto-ohjeita. Laitteiden ohjeet ovat kuitenkin laadultaan hyvin vaihtelevia ja osassa kohteita niitä ei ole saatavilla lainkaan. Tämän osa-alueen vaihtelun pienentäminen ei kuulu tähän työhön, mutta ohjekirjallisuuden tilan parantamisen hyötyjä ja tarvetta voisi olla tarpeellista tarkastella. Puutteellinen ohjekirjallisuus voi aiheuttaa virheitä ja ylimääräistä työtä. Huollettavissa laitteissa esiintyy erilaisia vikoja, jolloin niiden selvittämiseen kuluu aikaa. Kyseessä on virtausyksikön aiheuttama vaihtelu. (Modig & Åhlström 2013, 40.) Laitteiden vikoja voitaisiin jossain määrin ennakoida kokemuksen ja vikatilastojen analysoinnin avulla. Kuitenkin suuri osa vioista yllättää, eikä niiden ennakointi ole joko mahdollista tai tiedon analysoinnin aiheuttaman vaivan tai kustannusten arvoista. Yllättäviä vikatilanteita varten tulisi olla riittävästi resursseja, jotta varsinainen huolto ei viivästyisi, viitaten edellisten lukujen liialliseen resurssitehokkuuteen keskittymiseen.

Tuotantoyrityksissä virtaus- ja resurssitehokkuuden yhdistäminen on pääsääntöisesti helppompaa kuin palvelualoilla, sillä ihmisistä aiheutuu luonnostaan vaihtelua, jota on vaikea välttää, mutta mahdollista parantaa (Modig & Åhlström 2013, 40, 104-107). Tässä työssä keskitytään pääasiassa ulkoisten tekijöiden aiheuttaman vaihtelun vähentämiseen ja sitä kautta virtaustehokkuuden parantamiseen. Maalaitahuollossa ulkoiset tekijät käytännössä tarkoittavat huollettavien laitteiden vastuuhenkilöitä ja heidän tapansa toimittaa laitteita huoltotilaan.

4.5 Tehokkuusmatriisi

Tehokkuusmatriisi on malli, joka koostuu neljästä laatikosta, johon organisaatio voidaan sijoittaa. Kuviossa 6 nähtävä tehokkuusmatriisi valaisee visuaalisesti, miten yritys voidaan luokitella sen resurssi- ja virtaustehokkuuden perusteella. Matriisin avulla on myös helppo nähdä vaihtelun negatiivinen merkitys prosessien tehokkuuteen. Suuri vaihtelu ei mahdollista sekä hyvän resurssi- että virtaustehokkuuden yhdistelmää, eikä tällöin organisaatio pääse ihannemaahan.



KUVIO 6. Tehokkuusmatriisi (Modig & Åhlström 2013, 106, muokattu)

Tehokkuussaarekkeita-laatikossa resurssitehokkuus on suuri ja virtaustehokkuus pieni. Tällöin organisaation eri osat ovat hyvin optimoituja ja pyrkivät maksimoimaan omien resurssiensa käytön. Resurssitehokkuus tapahtuu virtaustehokkuuden kustannuksella, jolloin virtausyksiköiden virtaustehokkuus on pieni. (Modig & Åhlström 2013, 106.)

Tehokkuuden meri-laatikossa virtaustehokkuus on suuri ja resurssitehokkuus pieni. Pääpaino on asiakkaan tarpeiden mahdollisimman nopeassa tyydyttämisessä. Virtaustehokkuuden ollessa maksimaalinen, on resursseja oltava vapaana, jolloin resursseja ei täysin hyödynnetä ja resurssitehokkuus pienenee. Resursseja käytetään vain, kun jokin tarve täytyy tyydyttää. (Modig & Åhlström 2013, 101.)

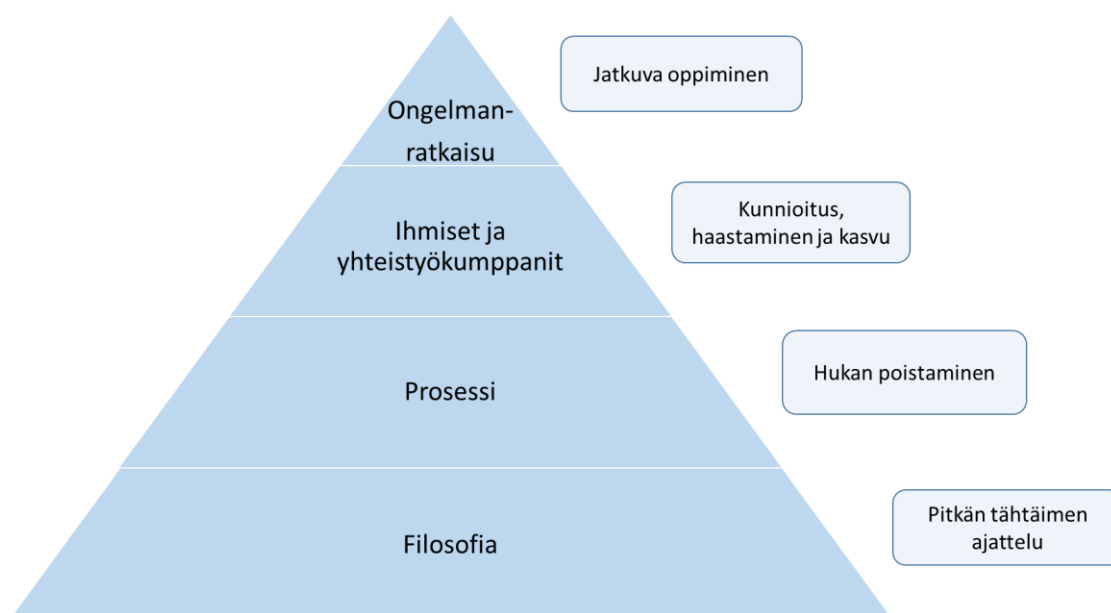
Joutomaa-laatikossa sijaitsevat ne organisaatiot, jotka eivät onnistu resurssien tehokkaassa käytössä, eivätkä luomaan tehokasta virtausta prosessien läpi. Tässä laatikossa ei mikään yritys tahdo olla. (Modig & Åhlström 2013, 101.)

Ihannemaa-laatikossa olevat organisaatiot ovat erittäin resurssi- ja virtaustehokkaita. Tähän laatikkoon on hyvin vaikea päästä, johon pääsyynä on vaihtelu. Vaihtelu myös asettaa rajat laatikossa etenemiselle, sillä mikäli vaihtelua on paljon, ei prosesseja voida vakioda yhtä tehokkaasti, jolloin resurssi- ja virtaustehokkuuden yhdistäminen on vaikeampaa. Jokaisen yrityksen tulisi tavoitella laatikon oikeaa yläreunaa, johon ei käytännössä voida koskaan päästä. (Modig & Åhlström 2013, 102.)

4.6 TPS - Toyota Production System

Jeffrey Likerin (2006, 6-7) mukaan Toyotan menestyksen salaisuus on Toyotan tuotantojärjestelmä (TPS), jonka peruspilareita ovat Toyotan kuuluisaksi tekemät JIT, yksiosainen virtaus eli jidoka, tuotannon tasapainottaminen eli heijunka, visuaaliset ohjausmenetelmät, sekä standardoidut prosessit. Näiden perusteiden lisäksi olennainen osa TPS:ää ja leania ovat hukan vähentäminen ja jatkuva parantaminen, jota Toyota kutsuu kaizen:iksi. Toyotan filosofiaan kuuluu myös ihmisten ja inhimillisen motivaation ymmärtäminen, sillä osallistuva ja motivoitunut työntekijä osaltaan kehittää järjestelmää. Järjestelmä on kehitetty sellaiseksi, että jokaisen työntekijän on mahdollista kehittää ympäristöään. Avaintekijöitä menestyksessä ovat kyky kehittää johtajuutta, tiimejä ja kulttuuria, sekä ylläpitää oppivaa organisaatiota. (Liker 2006, 6-7.)

Toyotan tavan, sekä TPS:n perustan muodostaa Likerin näkemyksen mukaan 14 periaatetta, jotka on kirjassa jaettu neljään osaan ymmärtämisen ja hahmottamisen helpottamiseksi. Periaatemalli näkyy kuviossa 7. Englanniksi tasot ovat philosophy, process, people and partners, sekä problem solving ja ne tunnetaan yleisemmin nimellä 4P. (Liker 2006, 69.)



KUVIO 7. Toyotan neljä periaatetta (Liker 2006, 69, muokattu)

Taso 1

1. TPS:n ensimmäinen periaate ja koko järjestelmän pohja on yrityksen filosofia, joka perustuu pitkäjänteisyyteen, myös lyhytaikaisten taloudellisten voittojen kustannuksella (Modig & Åhlström 2013, 83-84.)

Taso 2

2. Jatkuvan virtauksen luominen, jotta ongelmat tulisivat esiin.
3. Kysynnän ohjaama tuotanto.
4. Työkuormaan tasaaminen (heijunka).
5. Prosessi tulee pysäyttää ongelmien ratkaisemiseksi.
6. Vakioitu työ mahdollistaa jatkuvan parantamisen.
7. Käytä visuaalista ohjausta.
8. Käytä vain hyväksi koettua ja luotettavaa tekniikkaa (Modig & Åhlström 2013, 83-84).

Taso 3

9. Kasvata johtajia, jotka ymmärtävät yrityksen filosofian ja opettavat sitä muille.
10. Kehitä poikkeuksellisen osaavia ihmisiä ja ryhmiä, jotka noudattavat yrityksen filosofiaa.
11. Kunnioita yhteistyökumppaneita tarjoamalla heille haasteita ja auttamalla heitä kehittymään. (Modig & Åhlström 2013, 83-84.)

Taso 4

12. Mene itse paikanpäälle, jotta ymmärrät tilanteen.
13. Tee päätökset hitaasti kaikkia vaihtoehtoja perusteellisesti harkiten ja toteuta päätökset nopeasti.
14. Tee yrityksestäsi oppiva väsymättömän arvioinnin (hansei) ja jatkuvan parantamisen (kaizen) avulla. (Modig & Åhlström 2013, 83-84.)

Monet organisaatiot sanovat olevansa Toyotan tapaan lean-menetelmien edistyksellisiä hyödyntäjiä, ja toki ovatkin usein tehneet hyvää työtä soveltaessaan joitain leanin työkaluja. Yleensä yhtiö on kuitenkin erehtynyt pitämään jotain yhtä työkalua tai työkalujen joukkoa leanin syvimpänä ajatuksena, kuitenkaan käsittämättä kuinka syvälinen ja laaja kulttuurin muutos yrityksessä vaaditaan, jotta päästäisiin samaan tilanteeseen, jossa Toyota on. Innostuksen herättämiseksi ja onnistumisen ilon saavuttamiseksi projektilla tai parilla aloittaminen on kuitenkin hyvä tapa aloittaa organisaation kulttuurin ja toimintatapojen muutos. (Liker 2006, 10.)

Toyotan organisaation toiminta on kehitetty ympäristössä, jossa on suhteellisen vähän vaihtelua ja tuotteet ovat samankaltaisia, joten Toyotan toimintatavan kopiointi eri ympäristössä toimivaan organisaatioon ei todennäköisesti tuota odotettuja tuloksia. Toyotan toiminnasta tulisi ymmärtää sen perusfilosofia, sisäistää se ja luoda sen pohjalta omalle organisaatiolle sopivat tavat ja menetelmät, joilla parantaa virtaustehokkuutta ja siten pyrkiä pääsemään tehokkuusmatriisin ihannemaahan. (Modig & Åhlström 2013, 145-146.)

4.7 Lean ja hukun eri muodot

”Useimmissa prosesseissa on 90 % hukkaa ja 10 % lisäarvoa tuottavaa työtä. Hukkaa ovat kaikki toiminnot, jotka lisäävät kustannuksia, mutta eivät tuota lisäarvoa” (Liker 2006, 87). Perinteisesti yrityksissä lähdetään kehittämään prosesseja niin, että keskitytään lisäarvoa tuottavan työn kehittämiseen, kuten esimerkiksi tehostamalla yksittäisen työntekijän työpanosta. Yksittäisen prosessin kohdalla muutoksen merkitys voi olla huomattava, mutta koko prosessin kannalta sen vaikutus voi olla vähäinen. Tästäkin syystä leanin parannusmenetelmät keskittyvät lisäarvoa tuottamattoman työn eli hukun tai muda:n poistamiseen. (Liker 2006, 31). Onkin todennäköistä, että tuottavaa työtä ympäröivistä tapahtumista on löydettävissä enemmän parannettavaa kuin itse lisäarvoa tuottavasta työstä.

Tästä syystä tämän työn ulkopuolelle jätetään lisäarvoa tuottavan työn tarkastelu ja keskitytään ympäröivien prosessien kehittämiseen, jolloin läpimenoajan lyhentyessä myös hukka vähenee.

Prosesseja tulee aina katsoa asiakkaan näkökulmasta, sillä se mikä ei tuota asiakkaalle lisäarvoa, on hukkaa. Hukkaa esiintyy kahta lajia, joista ensimmäinen on hukkaa, joka ei tuota lisäarvoa asiakkaalle, mutta on prosessille välttämätön. Toinen hukan muoto ei tuota lisäarvoa, eikä ole välttämätön. Tätä hukkaa pyritään vähentämään (Liker 2006, 28–29.)

Lean tunnetaan parhaiten sen tavoitteessa poistaa hukkaa. Se onkin Toyotan tuotantojärjestelmän, TPS:n ydin. Määrittelijästä riippuen hukan muotoja on yleensä 7 tai 8. Perinteiseen Toyotan malliin kuuluu seitsemän ensimmäistä hukan muotoa. Hukan muodot eivät välttämättä sovi sellaisenaan jokaiselle yritykselle tai organisaatiolle, vaan niitä tulee soveltaa omalle alalle sopivaksi. Kirjassa Toyotan tapaan (Liker 2006, 28–29) määritellään hukan muodot seuraavasti

Ylituotanto

Valmistetaan osia varastoon massatuotannolla, mikä aiheuttaa tuotannossa kustannuksia ylimääräisen varastointitarpeen ja –tilan muodossa. Taichi Ohno piti ylituotantoa tärkeimpänä hukan muotona, sillä se johtaa muihin hukan muotoihin, kuten esimerkiksi odottamiseen, kuljetteluun ja varastoihin. Kunnossapidossa tämä voidaan ymmärtää liiallisena huoltamisena; huoltoa kohdistetaan liian paljon kohteisiin, jotka eivät välttämättä sitä tarvitsisi (Järviö 2006, 123.) Ennakoiva kunnossapito lisää arvoa vain, jos se pidentää laitteen käyttöikää. Usein laitteita huolletaan ja tarkastetaan samalla tavalla vuosikausia löytämättä yhtäkään vikaa. Huoltotoimia pitäisi tasaisin väliajoin tutkia ja uudelleenarvioida huoltojen tarpeellisuutta (Smith R. Hawkins, B 2004, 108-109).

Odottaminen

Odottaminen on helppo tunnistaa. Tuotantoyrityksessä työntekijä tai kone joutuu odottamaan seuraavaa työvaihetta, koska edellinen ei vielä ole valmis. palveluiloilla odottaminen kohdistuu asiakkaaseen ja kunnossapidossa odottaja voi olla virtausyksikkö, asiakas tai itse kunnossapitäjä. Odottaminen johtuu usein organisaatioiden eri osien huonosta tai puuttuvasta kommunikaatiosta. Usein työntekijöillä on paras tietämys järjestelmien pulonkauloista, joten on tärkeää, että työntekijöiden ja johdon välillä on hyvä puheysteys. (Smith, Hawkins 2004, 109.)

Tarpeettomat kuljetukset

Keskeneräisen työn kuljettaminen tai siirtely prosessin aikana esimerkiksi varastosta tai prosessista toiseen. Turhaa liikettä voidaan vähentää mm. eri työvaiheita ennakoimalla, sekä tekemällä tuotantotiloista tarkoitukseen sopivat. (Smith, Hawkins 2004, 109.)

Ylikäsittely tai virheellinen käsittely

Hukkaa syntyy, kun tuotetaan laadukkaampia tuotteita kuin on välttämätöntä. Tarpeettomien vaiheiden suorittaminen osien käsittelyssä. Tehottomuus johtuu usein huonosta työkalusta tai tuotesuunnittelusta. Kunnossapidossa voidaan puhua ylilaadusta, jolloin laitetta huolletaan enemmän kuin on ohjeistettu. Hankalat tai ylimääräiset raportointijärjestelmät kuluttavat turhaan työntekijöiden aikaa. Huolto-ohjeiden tulisi myös olla helppolukuisia ja yksiselitteisiä. (Smith, Hawkins 2004, 109.)

Tarpeettomat varastot

Varastointi aiheuttaa läpimenoaikojen pitenemistä, tuotteesta riippuen epäkuranttiusriskejä, vahingoittuneita tuotteita, varastointikustannuksia ja viiveitä sekä valmistavassa teollisuudessa, että kunnossapidossa. Valmistavassa teollisuudessa valmistetaan tarpeetonta varastoa, jolla usein piilotetaan prosessissa piilevät ongelmat, jotka tulisivat esille varastoja pienentäessä. Kunnossapidossa hukkaa aiheuttaa myös varaston tavaroiden etsiminen, jos tavaroita ei ole järjestetty loogisesti. (Smith, Hawkins 2004, 109.)

Tarpeeton liike

Jokainen turha liike prosessin aikana on hukkaa. Näihin kuuluu esimerkiksi osan, työkalun, ohjekirjan tms. hakeminen, etsiminen, kurkottelu ja pinoaminen. (Smith, Hawkins 2004, 109.)

Viat, viallisten osien tuottaminen tai korjaaminen

Viallisen osan pois heittäminen, uudelleen työstäminen ja tarkastus, sekä jo asiakkaalle päätyneen vian kustannukset ovat hukkaa. Vian korjaaminen toistuvasti selvittämättä vian todellista aiheuttajaa on hukkaa. Esimerkiksi pitkään käyttämättömänä olleen laitteen öljynvaihdon vaihtoväliä voitaisiin pidentää öljyn säilyvyyden perusteella. (Smith, Hawkins 2004, 109.)

Työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen

Työntekijät tulisi sitouttaa ja heitä tulisi kuunnella, jotta ei hukattaisi arvokkaita ideoita, taitoja, parannuksia ja oppimismahdollisuuksia. (Liker 2006, 96.)

Toyotan henkilöstö käyttää hukasta termiä muda. Vaikka hukan poistaminen on suuressa roolissa leania, voi pelkän muda:n poistaminen Likerin mukaan jopa huonontaa yrityksen tuottavuutta. Muda:n lisäksi tulisi keskittyä myös Mura:n ja Muri:n poistamiseen. Muda, Muri ja Mura ovat vahvasti toisiinsa linkittyneitä hukan muotoja. (Liker 2006, 28-31.)

Muda

Muda, (englanniksi waste, suomeksi hukka tai turhuus) on tunnetuin hukan muoto ja sisältää määrittelijästä riippuen edellä mainitut hukan muodot. Kaikki hukkaa aiheuttava toiminta, joka ei tuota suoraan tai välillisesti arvoa. (Liker 2006, 31).

Muri

Muri (englanniksi overburden, suomeksi ylikuormitus, liiallisuus) voi kohdistua työntekijään tai laitteeseen. Liiallinen resurssien kuormitus voi johtaa turvallisuus- ja laatuongelmiin tai konerikkoihin. (Liker 2006, 31.)

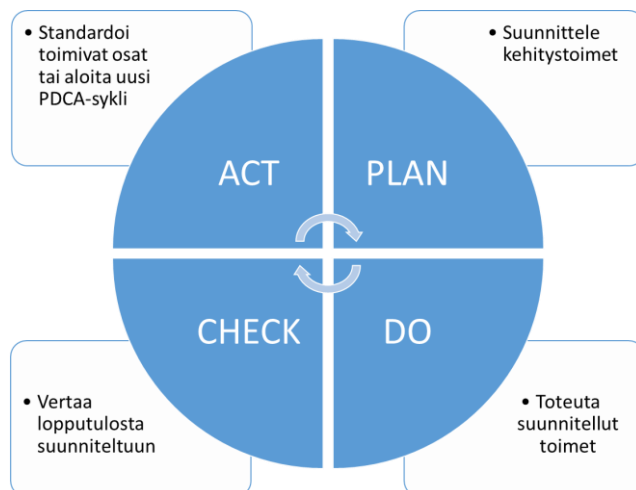
Mura

Mura (engl. unevenness, suom. epätasaisuus) tarkoittaa tuotannon tai prosessien kuormituksen epätasaisuutta ja vaihtelua. Kuormitus voi vaihdella merkittävästi, josta aiheutuu hukkaa. Epätasaisuus johtuu usein epätasaisesta aikataulusta tai tuotantomäärien vaihtelusta. (Liker 2006, 31.)

4.8 Jatkuva parantaminen (kaizen)

Jatkuva parantaminen on oleellinen osa lean-ajattelua ja useiden laatujärjestelmien perusta. Yleisin jatkuvan parantamisen laatu työkalu on PDCA-sykli, joka tunnetaan myös Shewhart- tai Deming-laatuympeyränä menetelmän kehittäjien mukaan. PDCA-syklin (Plan, Do, Check, Act, kuvio 8) avulla päästään askel kerrallaan edellistä laadukkaampaan toimintaan. Plan-vaiheessa luodaan haluttu lopputulos ja määritetään vaadittavat prosessit. Do-vaiheessa suunnitelma toteutetaan kokonaisuudessaan tai pienempänä ko-

keiluna. Check-vaiheessa tarkastellaan edellisen vaiheen tuloksia ja tutkitaan, onko haluttuun tulokseen päästy. Viimeisessä, act-vaiheessa toimitaan saatujen tulosten perusteella. Jos kokeilu oli onnistunut, uusi toimintamalli otetaan käyttöön ja standardoidaan. Jos kokeessa havaittiin ongelmia, siirrytään takaisin plan-vaiheeseen ja tutkitaan miksi lopputulos ei ollut haluttu. Jatkuvan parantamisen periaatteen mukaan prosessi ei jäädy onnistuneeseen projektiin, vaan toimintaa tarkastellaan lopulta myöhemmin uudelleen entistä paremman toimintatavan löytämiseksi. (Nicholas J, 29-30.)



KUVIO 8. PDCA-sykli (Nicholas J, 29-30, muokattu)

Kaizen on kahdesta japanin kielisestä termistä muodostuva sana, jossa Kai on muutos ja Zen hyvä. Kaizenin tavoitteena on jatkuvan parantamisen periaatteita soveltaen poistaa prosesseista hukkaa. Kaizenin muutokset voivat olla suuria tai pieniä vaiheittaisia muutoksia. Pitkällä tähtäimellä pienetkin parannukset kumuloituvat suuremman mittakaavan parannuksiksi, ja Likerin (2006, 237) mukaan länsimaisissa yrityksissä keskitytäänkin usein liikaa lyhyen tähtäimen ajatteluun ja käytetään energia läpimurtojen hakemiseen, jolloin pienet muutokset helposti unohtuvat.

Kaizenin ja oppivan organisaation ydin on asenne ja ajatusmaailma, jossa jokaisen tulisi pystyä katsomaan omaa työtään kriittisesti ja jokaisella tulisi olla halu tehdä oma työnsä paremmin. Länsimaisessa kulttuurissa virheen myöntämistä pidetään usein negatiivisena asiana, vaikka oikea tapa suhtautua virheisiin on miettiä miten sen voisi jatkossa tehdä eri tavalla (Liker 2006, 237). Ilmavoimissa on aina painotettu avoimuutta ja virheistä oppimista (MAPO 2015, 104), sekä kannustettu tekemään muutosalitteita havaituista ongelmista tai parannuksista, muun muassa rahallisten palkintojen muodossa. Ilmavoimissa kaizenin tai jatkuvan parantamisen toteutumiselle on siis hyvät edellytykset.

4.9 Työmäärän tasaaminen (heijunka)

Usein on tapana keskittyä vain hukan poistamiseen, vaikka tärkeintä olisi löytää hukan lähde tai sen aiheuttaja. Ihmisten ja välineiden ylikuormittamisen vähentäminen ja tuotantoaikataulun epätasaisuuden vähentäminen ovat aivan yhtä tärkeitä kuin hukan poistaminen. Aikaisemmin todettiin vaihtelun vähentämisen tärkeys, sekä se, kuinka ylikuormitettu resurssi aiheuttaa hukkaa.

TPS:n 4:s periaate on heijunka, eli työmäärän tasapainottaminen. Tuottavassa teollisuudessa tämä tarkoittaa tuotantoaikataulun tasoittamista tai samanlaisten tuotteiden valmistamista yhdessä. Asiakkaiden kysyntää ei voi aina ennustaa, jolloin yhtenä hetkenä voi syntyä suma tuotteita, turhaa varastoa ja kiirettä, kun taas toisella hetkellä linjastot voivat seistä tyhjänä. Tämä johtaa usein läpimenoaikojen kasvamiseen ja resurssien vajaakäyttöön. Tasoittamalla valmistus- tai palveluprosessien työtaakkaa voidaan siis parantaa resurssien käyttöä virtaustehokkuuden kärsimättä. (Liker 2006, 114.)

Työmäärän epätasaisuus maalaitehuollossa tarkoittaa huollossa olevien laitteiden lukumäärän vaihtelua, aiheuttaen hukkaa odottamisen muodossa. Hukka kohdistuu sekä laitteeseen, että resursseihin. Kerättyjen kokemusten perusteella vaihtelu johtuu suureksi osaksi asiakkaiden aiheuttamasta vaihtelusta, jolloin työmäärän tasaaminen on mahdollista ilman vaihtelun vähentämistä.

4.10 Visuaaliset ohjausmenetelmät

Visuaalisella ohjauksella tarkoitetaan mitä tahansa työympäristössä käytettävää kommunikaatiovälinettä, jonka tarkoitus on kertoa prosessin tila tai esimerkiksi seuraava työtehtävä yhdellä vilkaisulla. Visuaalisella ohjauksella voidaan myös näyttää mihin esine kuuluu, montako niitä on, miten tietyssä vaiheessa pitäisi toimia ja muuta informaatiota, jonka avulla parannetaan ihmisen havainnointia. Visuaalisen ohjauksen tulisi olla yksinkertaista, kuten liikennevalot tai -merkit (Liker 2006, 151.)

Toyotan visuaalisia menetelmiä ovat mm. kanban-kortit ja -taulut, joita käytetään tuotannon ohjaamiseen, 5S-järjestelmä, kun sitä käytetään oikein, sekä koko prosessin tilan kertova A3-raportti. Lisäksi Toyota käyttää paljon valkotauluja prosessinohjaukseen. Joka

prosessille on omanlainen taulu, johon tehdään merkintöjä kynällä tai erilaisilla magneeteilla (Liker 2006, 153.)

5 MAALAITTEHUOLLON KEHITYSTOIMET

Kappaleessa kuvataan maalaitehuollon nykytila ja sen suurimmat ongelmat. Tavoitetilassa näihin ongelmiin etsitään ratkaisua. Kappaleessa kuvataan ennakoitavissa olevia haasteita ja erilaisia keinoja, joilla tavoitetilaan olisi mahdollista päästä.

5.1 Tausta, tavoitteet ja lähtötilanne

Huollon nykytilan arvioinnissa nähdään, että maalaitehuoltoon muodostuu ajoittain ruuhkaa huollettavista laitteista ja toisaalta välillä huollettavia laitteita ei ole lainkaan, jolloin resurssitehokkuus on käytännössä olematonta. Pääasiassa ruuhkat johtuvat sattumalta samaan aikaan huoltoon tuoduista laitteista, mutta usein myötävaikuttavana tekijänä on myös vikakorjaukset tai muutostyöt. Ruuhkat huollossa johtavat väistämättä joko ylitöihin tai läpimenoaikojen pidentymiseen, sillä henkilöstöä ei ole riittävästi usean laitteen yhtäaikaiseen kunnossapitoon. Mekaanikoille muodostuu helposti stressiä useasta kiireellisestä työstä ja kiire taas johtaa helposti virheisiin. Mikäli huoltoa odottavalla laitteella ei ole käyttöä juuri kyseisellä hetkellä, ei läpimenoajan pidentymisellä välttämättä ole juurikaan merkitystä käyttäjälle tai muulle organisaatiolle. Laite on kuitenkin silloin pois käytöstä, jolloin tarve laitteelle voi aiheuttaa muualla organisaatiossa toissijaisia tarpeita, jotka voivat johtaa resurssien hukkaamiseen, tai jopa suoriin kustannuksiin. Läpimenoajan pidentymisen vaikutus muulle organisaatiolle riippuu usein laitteen kriittisyysluokasta (Nurkka 2016, 26.) Laitteen turha odottaminen huoltotilassa voi lisäksi aiheuttaa lisätyötä esimerkiksi siirtelyiden muodossa huoltotilassa. Laitteen odotusaika on suoraan osa läpimenoaikaa, joka on koko organisaation kannalta puhdasta lisäarvoa tuottamatonta hukkaa. Jos työn valmistumisaika voidaan riittävällä tarkkuudella ennustaa, on myös käyttäjän helpompi arvioida, tarvitaanko huollon ajaksi sijaislaitetta.

Huoltoon tuotavien laitteiden toimitustavoissa ja huoltokutsuun reagoimisessa on havaittu olevan suuria eroja. Joissain tapauksissa laite tuodaan heti kutsun jälkeen huoltoon ja toisessa vasta jakson lopussa. Vastuuhenkilön ollessa esimerkiksi lomalla tai muualla komennuksella on jopa todennäköistä, että laitetta ei toimiteta ajoissa huollettavaksi. Josain tilanteessa käsky huoltoon viennistä tulee esimieheltä, toisessa ei. Joskus käyttäjä voi huomata laitetta etsiessään, että laite onkin jo haettu huollettavaksi. Maalaitehuolto siis

tietää, että huoltoon pitäisi tulla laitteita jonkin aikajakson sisällä, mutta pääsääntöisesti vain viikkojen tarkkuudella.

5.2 Maalaitahuollon vaihtelu

Modig & Åhlströmin mukaan kaikki mikä auttaa vähentämään prosesseissa esiintyvää vaihtelua on osa leania toimintastrategiaa. Kaikkien muutosten tulee parantaa virtaustehokkuutta ja useimmiten virtaustehokkuuden parantamisen edellytyksenä on vaihtelun poistaminen, vähentäminen tai hallinta. (Modig & Åhlström 2013, 142-143).

Kunnossapidossa voitaisiin saavuttaa joitain etuja tehokkuudessa ja vähentää vaihtelua huoltamalla samat laitteet kerralla, jolloin työkalut ovat jokaisen laitteen kohdalla valmiiksi saatavilla, työtehtävä tuoreessa muistissa ja varaosat voidaan tilata kerralla kaikille laitteille (Nicholas J. 2011, 245). Tämä ei kuitenkaan lentokoneiden huoltovarmuuden kannalta ole edullista. Esimerkiksi työntekijän sairastuminen voisi aiheuttaa monen laitteen huoltojakson ylittymisen yhtä aikaa, joka voi johtaa jopa lentotoiminnan keskeytymiseen, varsinkin mikäli laitteen kriittisyysluokitus on suuri. Tästä syystä huollot tulee ajoittaa lähtökohtaisesti tasaisesti ympäri vuoden, jolloin häiriötilanteessa vain yksi laite kerrallaan olisi poissa käytöstä.

Kunnossapidossa huoltojen suunnittelulla on suuri merkitys työmäärän tasapainottamisessa. Kun ennakoitavat huoltotehtävät on jaksotettu tasaisesti ympäri vuoden, huomioiden esimerkiksi loma-ajat ja käytettävissä olevat resurssit, on vaihtelua helpompi hallita. Lisäksi tulee huomioida ennakoimattomat vikakorjaukset, joille tulisi jättää resursseja vapaaksi. Jos työkuormituksesta suunnitellaan liian tiukka, kasvaa työmäärä helposti liian suureksi, mikä johtaa nopeasti muiden laitteiden läpimenoaikojen kasvamiseen. Tarkoituksena on aina tavoitella tehokkuusmatriisin oikeaa yläkulmaa. Oikean työmäärän suunnittelu on aina tasapainoilemista resurssi- ja virtaustehokkuuden välillä.

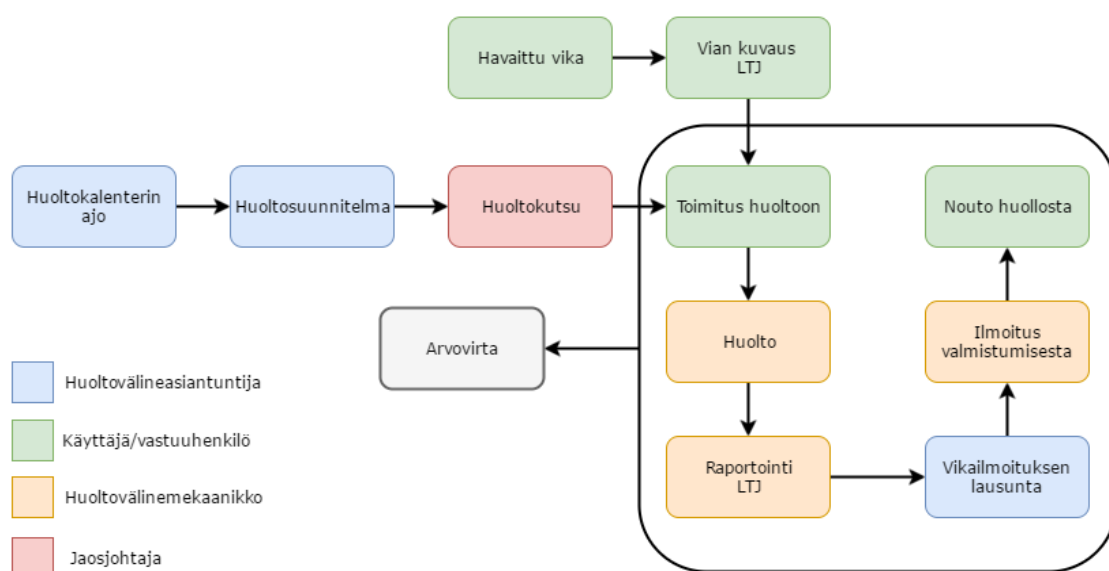
5.3 Tavoitetila

Esiselvityksessä organisaatiokaavion analysoinnin ja keskustelujen tuloksena, sekä kirjallisuudesta saadun teoriapohjan perusteella eniten hyötyä tuottava, käytettävissä olevilla resursseilla toteutettava maalaitehuollon toimintaa parantava toimenpide on työnsuunnittelun tehostaminen.

Edellisissä luvuissa on kerrottu vaihtelun haitallisuudesta ja työmäärän tasapainottamisen eduista. Varsinkin luvussa 4.4 on kerrottu perusteita ja saavutettavia hyötyjä tehokkaasta työnsuunnittelusta sekä tuotannon tasaamisesta. Tällä hetkellä työt suunnitellaan siten, että asiantuntija lähettää pääsääntöisesti neljä viikkoa ennen laitteen huollon umpeutumista huoltokutsun laitteen vastuuhenkilölle, maalaitehuollon jaosjohtajalle, maalaitemekaanikolle sekä vastuuhenkilön esimiehelle. Huoltokutsu sisältää kyseisen laitteen saatokortin ja vanhenemispäivämäärän. Pääsääntöisesti laitteen vastuuhenkilö vastaa laitteen toimittamisesta huollolle, jolloin tarkkaa päivää ei voida ennustaa. Neljän viikon sisällä kuormitus huollossa ehtii vaihdella hyvinkin paljon ja sen on koettu olevan ajoittain ongelma. Varsinaista hienokuormituksen suunnittelua ei oikeastaan ole toteutettu, vaikka sille olisi varsin hyvät edellytykset. Laitteiden huoltokierto on tiedossa, suunniteltavissa ja laitteiden huoltojen kesto on normaalisti määriteltävissä. Päiväkohtainen kuormitus voitaisiin siis suunnitella jopa tuntien tarkkuudella, ainakin teoriassa. Käytännössä näin tarkalle suunnittelulle ei välttämättä ole tarvetta, mikäli huollettavan laitteen kriittisyys ei ole äärimmäisen suuri. Suunniteltavuutta rajoittaa eniten asiakkaiden aiheuttama vaihtelu toimitusten osalta. Ihmisten aiheuttamaa vaihtelua on jossain määrin mahdollista rajoittaa luomalla standardoidut toimintatavat, joissa unohduksen riskiä vähennetään myös vastuuhenkilön päässä suunnitellummalla toiminnalla.

Tällä hetkellä työn suunnittelun hoitaa suurelta osin asiantuntija sivun 16 kaavion mukaisesti. Lisäksi asiantuntijalla on suunnitelma sotavarustusten huoltoaikatauluista, jotta enemmän työtä vaativien kohteiden huollot jakautuisivat tasaisesti ympäri vuoden, eivätkä ajoittuisi loma-aikoihin. Työn jakamisen ja osittain suunnittelun työntekijöiden kesken on pääasiassa hoitanut vanhempi mekaanikko. Kyseinen kaavio ei siis käytännössä sisällä jaosjohtajan roolia lainkaan. Jaosjohtajan vastuulla on kuitenkin ollut jaoksen työntekijöiden työaikojen ja lomien suunnittelu, joita tarvitaan tehokkaan työnsuunnittelun toteuttamiseksi. Täten olisi loogista, että päiväkohtaisen töidensuunnittelun hoitaisi

jaosjohtaja. Tällöin itse tuottavaan työhön jäisi mekaniikoilla enemmän aikaa ja asiantuntija voisi keskittyä esimerkiksi huoltotoiminnan kehittämiseen, jaosjohtajan keskittyessä päivittäisen toiminnan suunnitteluun ja johtamiseen. Varsinkin maalaitehuollon resurssien vähyys vuoksi olisi tärkeää, että työntekijöiden työpanos kohdistuisi mahdollisimman paljon arvoa tuottavaan työhön. Prosessikaavio näyttäisi silloin kuvion 9 mukaiselta.



KUVIO 9. Huolto- ja korjausprosessi (Ahonen 2013, 18, muokattu)

Tavoitetilassa jaosjohtaja suunnittelee mekaniikoille työt ja lähettää huoltokutsun laitteen vastuuhenkilölle sekä tämän esimiehelle tiettyinä päivinä ja mahdollisesti jopa tiettyinä kellonaikana. Toiminta onnistuu todennäköisesti hallittavimmin huoltokutsun kulkiessa aina vastuuhenkilön esimiehen kautta. Näin vastuuhenkilölle voidaan reilusti etukäteen varata aikaa laitteen mahdolliseen inventointiin ja/tai kuljetukseen huoltopaikalle. Tällöin vastuuhenkilön ollessa tavoittamattomissa kyseisenä ajankohtana on toimitus mahdollista vielä järjestää jonkun muun puolesta. Ideaalitulanteessa työnjohtajalla on vähintään seuraavan neljän viikon jaksolta tiedossa kaikki suunnitellut työtehtävät ja käytettävissä olevat resurssit.

Toinen vaihtoehto on, että huoltokutsun lähettäisi edelleen asiantuntija, mutta tällöin asiantuntijalla tulisi olla sama tilannetieto kuin jaosjohtajalla. Jaosjohtaja voisi myös lähettää asiantuntijalle sopivat päivämäärät, mutta tässä toimintatavassa syntyisi turhaan päällekkäistä työtä.

Prosessi on ulkoiseen toimintaan verrattuna käänteinen, sillä tavallisesti asiakas määrittää esimerkiksi auton huollolle itselleen sopivan ajan. Näin meneteltynä välttyttäisiin lähettämästä huoltokutsua asiakkaalle sopimattomaan aikaan, mutta tällöin syntyisi väistämättä ristiriitoja työnjohtajan suunnittelussa, eikä suunnittelussa siten päästä parhaaseen mahdolliseen tilanteeseen. Työntekijän kannalta on myös selkeämpää, että toimituspäivä määritellään esimiehen toimesta, jolloin työhön tarvittava aika on varattu kyseiselle päivälle esimiehen toimesta.

Työmäärän jakautuessa tasaisemmin, voidaan prioriteetiltaan tai kriittisyysluokituksestaan tärkeät laitteet huoltaa nopeasti valmiiksi ilman keskeytyksiä. Työkuorman suunnittelun suhteen kunnossapidon ja leanin materiaali ovat hieman ristiriidassa, sillä Järviön (2006, 75) mukaan työkuorma tulisi mitoittaa 100 %:n, kun leanin mukaan keskeytetyn työn haitat voivat olla suurempia kuin resurssin vajaakuormitus. Kiireellisten töiden ohella voitaisiin tehdä kiireellisyydeltään vähäisempiä tehtäviä, jotka voidaan keskeyttää esimerkiksi vikakorjauksen vuoksi. Tällöin työkuorma olisi 100 %, mutta työn keskeytyksen aiheuttamat lisätyöt eivät kohdistu kriittisiin kohteisiin. Suunniteltuja huoltotehtäviä ei pääsääntöisesti tulisi osoittaa kokeneimmalle henkilölle, riippuen tilanteesta ja huollon kriittisyydestä. Tällöin vähemmän kokemusta omaavat kunnossapitäjät oppivat ja kiireelliseen ennakoiduttomaan vikatilanteeseen saadaan kokenein henkilö (Järviö 2006, 75).

Huoltojen keskeytymätön virtaus vaatii suunnittelijalta tai työntekijältä myös ennakkointia varaosahankintojen suhteen. Aikataulua ei voida tehdä, jos vaadittua materiaalia ei ole varmasti saatavilla huoltohetkellä, kuten luvussa 3.8 jo todettiin. Vaikka yleisimmät huolto-osat ovatkin jo varaston vastuulla, voidaan työn suorituksesta poistaa viiveitä ja ylimääräistä liikettä tilaamalla osat ennen kohteen saapumista huolto paikalle.

Huoltoon sisältyvät tehtävät voidaan tarkastaa laitteen huoltopöytäkirjasta, jonka perusteella varaosat voidaan tilata varastolta. Osien tilaajan kannalta olisi kuitenkin helpompaa, jos tarvittavat osat löytyisivät kyseisen laitteen LTJ-huollosta, sillä osat tilataan kuitenkin LTJ:n kautta. Tältä osin siis syntyy päällekkäistä, eli ylimääräistä työtä.

Vaikka työ on rajattu vain maalaitehuollon toimintaan, koskettaa toimintatapa jatkossa myös mittalaitahuoltoa, sillä mittalaitteet ovat usein osa isompaa huollettavaa huoltovä-

linekokonaisuutta, jolloin mittalaitteet kalibroidaan samaan aikaan huollettavien laitteiden kanssa. Myös mittalaitehuollon toiminnassa voidaan saavuttaa täysin vastaavia etuja työsuunnittelun parantamisella. Vastaavaa toimintatapaa voitaisiin mahdollisesti soveltaa myös muihin organisaation osiin, kuten esimerkiksi lentovarustehuoltoon.

5.4 Haasteet

Työn aikana maalaitehuollon jaosjohtaja vaihtui. Työn kannalta puhtaalta pöydältä aloitettava henkilö on todennäköisesti vastaanottavampi muutoksien suhteen, mutta toisaalta uuden tehtävän opettelu kuormittaa paljon, eikä tämän työn aikataulun puitteissa jaosjohtajalla ollut mahdollisuuksia luoda projektin vaatimaa tilannekuvaa, jotta työ voitaisiin ottaa täysimittaiseen käytäntöön. Maalaitehuollon lisäksi saman henkilön on myös hallinnoitava polttoainejakelua sekä mittalaitehuoltoa. Siksi projektia päätettiin ensin pilotoida rajatulla laitejoukolla. Pilottikokeilulla voidaan myöskin löytää ongelmia uudesta toimintatavasta ennen sen implementointia koko tukikohtaan. Mikäli järjestelmä koetaan toimivaksi, on sen laajamittaisempi käyttöönotto helpompaa perustella. Lisäksi onnistunut pilottiprojekti kasvattaa motivaatiota ja luottamusta koko projektin onnistumiselle. (Tekes, Tutkimus, kehitys ja pilotointi.)

Ympäristön, resurssien ja virtausyksiköiden vaihtelu asettaa haasteita myös työsuunnittelun onnistumiselle. Tasaisesti suunnitellun työkuorman tulisi mahdollistaa riittävät resurssit myös yksittäisiin vikakorjauksiin reagoimiseen, jolloin virtaustehokkuus pysyisi kriittisen laitteen huollossa hyvänä. Kriittisyysluokitukseltaan korkealla sijaitsevien laitteiden tai isojen sotavarustusten (useita työkaluja ja huoltolaitteita sisältävä järjestelmä) huollon ajoittaminen siten, ettei huolto ajoitu esimerkiksi sotilaallisen harjoituksen aikaan on tärkeää. Jotta vältettäisiin mahdollisia päällekkäisyyksiä ja huoltojen ylimääräistä uudelleen ajoittamista, tulisi jaosjohtajalla olla hyvä tilannekuva myös muiden lentueiden tapahtumista. Tähän tarkoitukseen lennostollinen Outlook-sähköpostin kalenteri voisi olla hyvä työkalu, olettaen että se otetaan täysimittaisesti käyttöön. Ison sotaharjoituksen aikana voidaan olettaa tarvittavan tiettyjä huoltovälineitä, mutta tämä vaatii jaosjohtajalta tuntemusta muiden lentueiden ja jaosten toiminnasta. Tällaisenaan maalaitehuollon jaosjohtajan on hyvin vaikea löytää huolloille paras mahdollinen ajankohta. Koko lennoston suurimmat toiminnot sisältävä kalenteri parantaisi muidenkin lennoston osien tilannekuvaa ja läpinäkyvyyttä. Joissain tilanteissa, kuten suurten sotavarustusten kohdalla, voi

olla helpompaa ennen huoltokutsujen lähettämistä olla yhteydessä laitteiden haltijaan tai haltijan esimieheen, jotta voidaan varmistua molemmille osapuolille sopivasta aikataulusta. Lisäksi tulee painottaa, että laitetta ei tulisi toimittaa myöskään tarpeettomasti etujassa.

Inhimilliset tekijät, merkittävimpana unohdus, tulevat jatkossakin vaikeuttamaan töiden suunnittelua. Sähköposti on helppo unohtaa heti lukemisen jälkeen, eikä aiheesta tule enää uutta muistutusta ennen laitteen huoltojakson vanhenemista. Käytännössä inhimillistä vaihtelua on mahdotonta poistaa prosesseista, mutta hyvin standardoitu prosessi vähentää unohduksen riskiä.

Jatkuva parantaminen tarkoittaa myös jatkuvaa muutosta. Muutoksiin suhtautuminen on Smithin ja Mobleyn (2008, 14) mukaan vahvasti kulttuurisidonnaista ja vaatii organisaatiolta muutokset hyväksyvän kulttuurin ja ilmapiirin. Muutos voidaan pakottaa koko organisaatiolle ja sitä voidaan valvoa, mutta valvonnan päättyessä toiminta palaa helposti alkuperäiseen asemaan. Usein uusi, toimivakin, toimintatapa toimii ikään kuin kuminauha, joka venyy, mutta palaa asemaansa heti irti päästettäessä. (Smith, R & Mobley, R. 2008, 14.) Lentokonetyössä jatkuva parantaminen on työn toteuttamisen kohdalla osa arkea. Työntekijä on esimerkiksi virheen tai vian löytyessä velvollinen raportoimaan niistä, jolloin toimintaan etsitään parannuskeino. Maa- ja mittalaitejaos piti työn aikana kehittämispäivän, jonka päätemana oli jatkuva kehitys. Jaoksen suhtautuminen oman työn kehittymiseen on hyvällä tasolla, mikä onkin parantamisen ja kehittymisen perusta.

5.5 Paikallishankittavien varaosien varastoinnin järjestelyt

Huolto-osien saatavuus on huoltojen suunnittelun kannalta kriittinen tekijä, sillä huollon suunnittelu on mahdotonta, jos ei voida olla varmoja varaosien saatavuudesta. Varaosien varastointi haluttiin järjestää paremmin, jotta varaosien tilaamisprosessi saataisiin yhdenmukaiseksi ja osaksi suunnitelmallisempaa toimintaa.

Edellisessä kappaleessa todettiin, että osa suodattimista oli säilytyksessä huollon hyllyssä ja niiden hankinta maalaitehuollon mekaanikkojen vastuulla. Tällöin unohduksen riski on ilmeinen, tuotteet eivät näy varastosaldoissa, ne aiheuttavat ylimääräistä kuormitusta

huollon työntekijöille, sekä vievät hyllytilaa. Lisäksi tavaran varastoimisessa on aina olemassa epäkuranttiusriski. Joitain perusteita tuotteiden säilyttämiselle huoltotilassa on kuitenkin olemassa. Varaston aukioloaikojen ulkopuolella ei ole mahdollista saada varaosia, jolloin töitä ei voitaisi hoitaa. Lisäksi varaosat ovat huoltotilassa erittäin lähellä. Varasto sijaitsee kuitenkin samassa rakennuksessa huoltotilan kanssa ja tilaamalla varaosat etukäteen voidaan käytännössä välttää ylimääräinen liike varaosien noutojen suhteen. Pienen käsivaraston säilyttäminen voi siis olla perusteltua, mutta suurempien määrien jatkuva hallinnointi tulisi jättää varaston hoidettavaksi.

Huolto-osien varastoinnin siirto varastolle on sikäli leanin periaatteiden mukaista, että niiden hallinnointi on mekaanikolle puhdasta lisätyötä ja pois tuottavasta työstä. Lisäksi huolto-osat ohjautuvat jatkossa käytännössä imu-periaatteella, sillä osia hankitaan varastoon vain kulutuksen mukaan. Työn tarkoituksena ei ole kuitenkaan optimoida ainoastaan maalaitehuollon toimintoja, vaan tehdä kokonaisuudesta mahdollisimman toimiva ja siten hyödyttää koko organisaatiota. Tuotteiden noudot on edelleen hoidettava ja tämä kuormittaa osaltaan varastoa. Varastolle varaosanoudot ovat kuitenkin rutiinia ja kyseisten suodattimien noudot hoituvat osittain myös muiden noutojen yhteydessä.

Tärkeimpänä etuna osien säilyttämiseksi varastossa ovat ns. hälytysrajat, jolloin tuotteen saldon laskiessa alle asetetun määrän, tulee varastotyöntekijälle ilmoitus, jonka jälkeen varastoa täydennetään asetetulla määrällä. Tällöin unohduksen riski on minimaalinen. Lisäksi varaston arvo on tiedossa. Varastoitavien tuotteiden määrä on kompromissi varaston kapasiteetin, arvon alentumisen riskin ja kuljetuskustannusten kesken, kuten luvun ensimmäisessä kappaleessa mainitaan. Saldorajat määritteli varastomestari, pääasiassa puolen vuoden tarpeen mukaan. Saldorajoja on jatkossa helppo muuttaa tarpeen muuttuessa.

5.6 Suunnittelun työkalujen ja järjestelyiden tarkastelu

Uuden toimintatavan hallinnointi vaatii erittäin hyvän tilannekuvan luomisen. Töiden suunnittelijalla tulee olla tiedossa huoltotehtävien arvoidut kestot, käytettävissä olevat resurssit ja työntekijöiden tietotaidot, jotta suunnitelmallisuus olisi mahdollista.

Ilmavoimilla on käytössä useita ohjelmistoja, joita voitaisiin käyttää työnsuunnittelun apuvälineenä. Lisäksi on mahdollista käyttää esimerkiksi perinteistä valkotaulua tai vastaavaa. Työstä ei ole tarkoitus koitua Puolustusvoimille merkittäviä kustannuksia, joten työnsuunnittelua tarkastellaan olemassa olevien järjestelmien pohjalta.

Tämän työn kannalta ei ole merkitystä millä välineellä tilannekuva luodaan, mutta järjestelmän käyttöönoton ja hallinnoinnin kannalta on oleellista, että käytössä on helppokäyttöinen ja varsinkin työntekijöitä mahdollisimman vähän kuormittava työkalu. LTJ ei sisällä työnjohdollisia ominaisuuksia.

Valkotaulu

Valkotaulua on käytetty vuosikymmeniä liitutaulun tai ilmoitustaulun korvaajana. Valkotaulun käyttö on mielekästä työnjohdon apuvälineenä, kun informaation määrä ei ole kovin suuri. Merkittävänä etuna valkotaululle on sen informatiivisuus nopealla vilkaisulla. Työnjohtaja ja työntekijä näkee koko jaoksen tilannekuvan muutamalla taululla. Sitä on myös johtajan sijaisen ja työntekijöiden helppo käyttää ilman erillistä opastusta. Työntekijä voi työn suoritettuaan tehdä taululle merkinnän ja katsoa seuraavan työnsä taulusta ilman työnjohtajan jatkuvaa ohjausta. Myös työnjohtaja pääsee tilanteen tasalle pelkällä vilkaisulla poissaolon jälkeen. Jotta taulua olisi mielekästä käyttää, tulisi myös jaosjohtajan toimiston sijaita taulun läheisyydessä.

OneNote ja Outlook

Puolustusvoimilla on käytössä Windowsin Office-paketti, johon sisältyy mm. OneNote 2010 ja Outlook. OneNote olisi mahdollinen apuväline suunnittelulle ja se integroituu hyvin Outlook-sähköpostin kanssa. Se ei kuitenkaan toiminnoiltaan ole suunniteltu työnjohtamiseen, jolloin sen rakenteesta syntyy nopeasti monimutkainen ja raskas. OneNoten uudemmissa versioissa on huomattavasti enemmän tarkoitukseen sopivia ominaisuuksia. Työtehtävien tilan tarkistaminen ja muuttaminen vaativat tietokoneen käynnistämisen, sisäänkirjautumisen ja ohjelman avaamisen. Digitaalisuuden etuna on helppo muokattavuus. Outlookin sähköpostikalenteri on tarkoitus ottaa käyttöön lennostollisesti vuoden 2017 aikana ja sitä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi lisäämällä laitekutsun saavan henkilön kalenteriin muistutus laitteen toimituksesta.

FlightPro

FlightPro on lentotoiminnassa käytetty hallinnointi- ja johtamisohjelmisto. Sillä hallinnoidaan mm. lentoaikatauluja, henkilöstön käyttöä ja kelpuutuksia sekä koneiden varustuksia. Ohjelmisto mahdollistaa myös eri organisaatioiden välisen kommunikaation. FlightPro on osassa lentueita korvannut muut työkalut työnjohdollisena välineenä ja sen käyttö myös maakalusto- ja puhtaanapitojaoksen työnjohdossa olisi mahdollista. Ohjelmiston käyttö vaatii opastusta ja opettelua ja on siten jaosjohtajan sijaista tai työntekijöitä ajatellen hieman hankala. Ohjelmiston tiedot on mahdollista tuoda erilliselle näytölle, mutta tietojen muuttaminen työntekijän toimesta vaatii ohjelmiston avaamisen.

Excel-taulukko

Excel on monipuolinen työkalu, jota voitaisiin käyttää työnsuunnittelun apuvälineenä. Toimivan taulukon tekeminen vie aikaa ja vaatii jonkin verran osaamista. Tuloksen käytännöllisyys riippuu käyttäjän taidoista ja mieltymyksistä, mutta muuttujien määrän vuoksi lopputuloksesta tulisi todennäköisesti melko monimutkainen. Ylläpito vaatii myös työtä, eikä sen käyttö ole sijaista tai työntekijää ajatellen helppoa. Tiedoston muokkaus ei myöskään ole tarkoitukseen kovin käytännöllinen, sillä tiedosto voi olla auki vain yhdessä paikassa samaan aikaan.

Apuvälineen valinta vaikuttaa merkittävästi jaoksen toimintaan ja sen valinnassa tulee myös keskustella työntekijöiden ja sidosryhmien kanssa. Joitain etuja suunnittelun kannalta saadaan, mikäli laitteiden huollon tila olisi ohjelmistossa näkyvillä myös muille organisaation osille. Valkotaulu on välineistä ainoa, jossa työntekijän on helppo ja nopea ilmoittaa tehtävänsä tila. Se on myös vaihtoehtoista visuaalisin ja helpoiten havainnoitava. Valkotaulun ei myöskään tarvitse olla ainoa työkalu, vaan sitä voidaan käyttää tietojärjestelmien rinnalla. Työnjohdon apuvälineenä tullaan kokeilemaan kanban-tyyppistä taulua, jossa huollon tila ilmaistaan post-it-lapuilla, joita siirrellään taululla huollon tilan mukaisesti. Kanban-taulu on vain yksi vaihtoehto monista ja sen rakennetta on helppoa ja edullista muuttaa, mikäli alkuperäinen suunnitelma ei käytännössä osoittaudu toimivaksi.

Työnjohtajan fyysinen sijainti vaikuttaa myös johtamisen tehokkuuteen. Valkotaulun käyttö johdon työkaluna ei ole mielekästä, jos taulu ei sijaitse näköyhteyden sisällä. Kommunikointi on myös mutkattomampaa työnjohtajan ja työntekijöiden välillä, sillä kynnys

kysyä tai kertoa töiden tilannekuva on matala. Näillä perusteilla jaosjohtaja siirsi toimintonsa maalaitehuollon tiloihin.

5.7 Pilotointi

Pilotoinnilla tarkoitetaan kokeilua tai testiä, jossa on tarkoituksena kokeilla suunniteltua, mahdollisesti kallista tai resursseja kuluttavaa muutosta pienemmässä mittakaavassa todellisessa ympäristössä. Pilotti voi olla itsenäinen projekti tai osa laajempaa projektia. (Tekes).

Kokeilun tarkoituksena on kerätä käyttäjiltä kokemuksia ja tuoda esille ongelmia jo pienessä mittakaavassa, jotta lennostollinen käyttöönotto olisi helpompaa. Pilotoinnista ei saada maalaitehuollon toiminnan kannalta kaikkea hyötyä irti, sillä työnjohtajan tilannekuva ei mahdollista kohteiden tarkkaa aikataulutusta. Jotta järjestelmä toimisi parhaalla mahdollisella tavalla, mukana pitäisi olla myös muiden lentueiden huollettavat laitteet. Asiakkaan näkökulmasta tilanne vastaa kuitenkin suunniteltua toimintamallia, joten niiltä osin kerättävät kokemukset ja palautteet ovat käyttökelpoisia. Pilotointi vastaa PDCA-syklin DO-vaihetta, jossa otetaan uusi tapa osittain käyttöön ja kokeilun jälkeen tehdään päätöksiä jatkokäytön suhteen. (Smith R. Hawkins, B 2004, 148).

Pilotointiin valittiin LTJ:n huoltokalenterista seuraavan puolentoista kuukauden aikana vanhenevat Hornetin huollossa käytettävät kohteet. Näitä kohteita ovat kaksi erilaista korjaamovarustusta, jotka sisältävät suuren joukon valvottavia ja kalibroitavia laitteita. Näiden sarjojen osalta huoltokäytännöt vaihtelevat, osa laitteista sijaitsee varastoituna, jolloin on kokonaisuuden kannalta taloudellisempaa suorittaa tarkastus laitteen luona, kuin tuoda se huollettavaksi. Lisäksi huollettavaksi valikoitui yksi Hornetin käyttöhuoltoeräkärri sisältöineen. Käyttöhuoltoeräkärrien käyttäjän suorittamaan huoltoon sisältyy vuosittainen inventointi, jolloin vaunun sisältö tarkastetaan ja mahdolliset puutteet kirjataan LTJ-järjestelmään. Peräkärrien sisältämien laitteiden huolto suoritetaan inventoinnin jälkeen, jotta kaikki tarvittavat laitteet ovat huoltotilanteessa saatavilla. Käyttäjän suorittamaan huolelliseen inventointiin ja toimittamiseen tulisi varata ainakin puolikas työpäivä, sillä nopeasti tehtynä inventoinnissa jää helposti havaitsematta tarpeellisia tuotteita, jolloin puute voi myöhemmin aiheuttaa turhaa työtä tai muuta haittaa organisaation toiminnalle.

Kokeilusta lähetettiin sähköposti varustusten vastuuhenkilöille, esimiehille ja asiantuntijalle. Sähköpostin sisälsi varustuksen, vastuuhenkilön ja halutun toimituspäivämäärän, sekä perustelut kokeilun suorittamiselle. Viestissä oli myös ohjeet esimiehille tarvittavan ajan ja muistutuksen merkitsemisestä kalenteriin.

5.8 Kokemukset ja jatkotoimenpiteet

Pilotoinnin tavoitteena oli saada kokemuksia järjestelmän toimivuudesta, sekä asiakaspalautetta käyttäjän näkökulmasta. Pilotti koski vain muutamia sotavarustuksia, eikä koko maalaitehuollon kuormaa, joten maalaitehuollon kannalta pilotista ei ollut toiminnan kannalta juurikaan etua, mikä olikin odotettavissa. Jotta järjestelmästä saataisiin hyötyä maalaitehuollolle, tulisi kutsujen olla osa pidemmän jakson suunnittelua.

Asiakaspalautetta kerätessä muiden jaosten jaosjohtajilta ja laitteiden vastuuhenkilöiltä olivat palautteet kuitenkin pääasiassa positiivisia. Työntekijän kannalta toimintatapa on yksinkertainen ja siten selkeä. Kun inventointiin ja kuljetukseen varataan sopiva määrä aikaa, vähenee myös työntekijän kokema paine laitteiden ylläpidosta ja inventointi, sekä varustelu tulee hoidettua huolellisesti.

Yhden sotavarustuksen kohdalla toimitukset mittalaitahuoltoon eivät toteutuneet ajallaan, sillä sähköposti oli unohdettu, joten arvioidut riskit siis toteutuivat. Myötävaikuttavina tekijöinä viestin unohtamiseen olivat pitkä viesti, josta oleellinen asia on voinut jäädä sisäistämättä. Lisäksi viesti oli kohdennettu useille ihmisille. Ihmisillä on taipumus olla ottamatta vastuuta, mikäli vastuu ei osoiteta juuri kyseiselle henkilölle (Kahneman 2011, 170-172.) Jatkossa viestin tulisi siis olla lyhyt, yksiselitteinen ja se tulisi osoittaa selkeästi vain halutulle henkilölle.

Mittalaitehuollossa huolletaan isompien varustusten kohdalla jopa kymmeniä laitteita, eikä jaosjohtajan ole mahdollista, saati järkevää yrittää suunnitella yksittäisten mittalaitteiden huoltojen tai kalibrointien aikataulua. Mittalaitehuollon toiminta onkin muodostunut lähes autonomiseksi. Mittalaitehuollon toiminta voitaisiin suunnitella niin, että kaikki sotavarusteen huollettavat laitteet huolletaan jonkin ajanjakson sisällä. Tällöin työnjohtaja voi suunnitella mittalaitahuoltajalle myös muita tehtäviä, jos mittalaitteita ei ole huol-

lettavana. Suunnittelussa tulee kuitenkin taas muistaa, ettei resursseja tule kuormittaa liiaksi, jotta mittalaitteiden vikakorjaukset voidaan hoitaa mahdollisimman nopeasti. Suunniteltujen töiden tulisi olla kriittisyydeltään pieniä, jotta läpimenoaikojen mahdollinen kasvaminen ei häiritse merkittävästi muuta organisaatiota. Toimintatavan toimivuus riippuu myös käyttäjän jaoksen toiminnan vaihtelusta ja suunnitelmallisuudesta. Joskus työkuormaa ei voida ennustaa edes seuraavalle päivälle, jolloin huoltovarustuksen inventointiin ja kuljetukseen varattu aika on priorisoitava jaoksen päätehtävälle. Tällöin laite joko toimitetaan myöhemmin tai maalaitehuolto huoltaa inventoimattoman varustuksen. Tähän maakalusto- ja puhtaanapitojaos ei voi vaikuttaa, mutta muiden jaosten tavoitteena pitäisi myös olla vaihtelun pienentäminen, sillä se helpottaisi maalaitehuollon lisäksi myös heidän oman toiminnan suunnittelua.

5.9 Kehitysehdotukset

Pilotointi ei sellaisenaan antanut riittävästi tietoa toimintatavan toimivuudesta tai toimimattomuudesta, eikä sen kehittävästä vaikutuksesta organisaatiolle, sillä muita töitä ei oltu suunniteltu yhdessä pilotoinnin kanssa. Käytännössä todellinen kuva järjestelmän toiminnasta saadaan vasta jaosjohtajan tilannekuvan ollessa riittävällä tasolla. Mukaan pitäisi myös ottaa laitteita riittävän pitkältä ajalta, koskien koko lennostoa.

Pilotointi tulisikin uusien koko laajuudessaan heti, kun maalaitejaos ja jaosjohtaja on saanut luotua edellytykset tehokkaalle suunnittelulle ja johtamiselle. Pilotoinnin tulisi myös olla kestoiltaan useita kuukausia, jotta yksittäiset tapahtumat eivät vääristäisi kokonaiskuvaa. Kokeilujakson jälkeen toimintaa voidaan jatkaa toistaiseksi sellaisenaan, parannettuna tai jatkaa toimintaa edelliseen malliin.

Epäonnistuessaankin kokeilusta voidaan saada työn suunnittelulle ja johtamiselle hyviä kokemuksia ja oppeja, eikä projektista pitäisi aiheutua suoranaisia kustannuksia. Suunnittelu kuitenkin vaatii ainakin aluksi jonkin verran työtä, joten suurin riski hankkeen toteutumiselle onkin todennäköisimmin innon hiipuminen kesken työn, jolloin käytetyt resurssit ainakin osittain muuttuvat hukkatyöksi, eikä järjestelmästä saada uusia kokemuksia. Työ vaatii koko jaokselta sitoutumista muutoksiin ja halua parantaa omaa toimintaa, sillä ilman ohjausta asioilla on taipumus palata lähtöpisteeseen.

Tärkein mittari maalaitehuollon toiminnan laadulle on asiakkaan näkökulmasta se, kuinka kauan laite on pois käytöstä. Lisäksi asiakkaalle voi olla tärkeää tietää kauanko laite on huollettavana. Luotettava mittaaminen on esimerkiksi kuormituksen vaihtelun, huollettavien laitteiden suuren lukumäärän, vaihtelevien huoltosyklien, ja ajoittaisten vikatapauksien vuoksi hankalaa. Lisäksi tämä työn aikana ei ehditä kerätä riittävästi mittaustietoa esimerkiksi odotusajan trendistä, jotta tulokset olisivat käyttökelpoisia. Nopeus tai tehokkuus ei myöskään suoraan vaikuta kunnossapidon kustannuksiin, joten kustannuspohjaisia mittauksia ei voida toteuttaa.

Läpimenoaikojen ja odotusaikojen mittaamisella voitaisiin kuitenkin konkreettisesti todentaa järjestelmän toimivuus, mikäli mittaukset suoritettaisiin ennen täysimittaista kokeilua ja kokeilun jälkeen riittävässä laajuudessa. Näin saataisiin subjektiivisten kokemusten tueksi myös dataa, jolloin päätösten tekeminen jatkoon kannalta helpottuu ja onnistuessaan tuloksilla on mahdollista kannustaa myös muita organisaation osia kehittämään omaa toimintaansa.

Yksi vaihtoehto prosessin nopeuttamiselle asiakkaan näkökulmasta on antaa käyttäjälle vaihtolaitte hänen tuodessa laitteensa huoltoon. Asiakkaan kannalta tämä olisi kaikista tehokkain vaihtoehto, jossa läpimenoaika olisi käytännössä olematon. Tapaan sisältyy kuitenkin paljon ongelmia kasvaneen materiaalmäärän johdosta. Kriisinajan toiminta vaatii jonkin verran reservilaitteita, joten osittain ylimääräinen materiaali voisi siten olla perusteltua. Kuitenkin kustannukset kasvaisivat vaihtolaitetoiminnassa suoraan sekä välillisesti, sillä ylimääräinen laite vaatii omat huoltonsa, varaosansa ja varastotilansa. Vaikka järjestelmä otettaisiin käyttöön vain kriittisille laitteille, olisi sen aiheuttamat kustannukset ja työmäärän kasvu tuskin perusteltavissa lyhyemmillä läpimenoajoilla. Toiminta olisi työmäärän, varastoinnin ja kustannusten lisääntyessä myös leanin periaatteiden vastainen, joten aihetta ei tämän työn puitteissa tutkita tarkemmin.

6 TULOKSET JA POHDINTA

Maakalusto- ja puhtaanapitojaoksessa opinnäytetyön aikana tapahtuneet henkilöstömuutokset eivät mahdollistaneet sellaista pilotointia tai käyttöönottoa, josta olisi saatu täysi hyöty maalaitehuollon kannalta, joten toimintatavan toimivuutta ei luotettavasti voitu todentaa. Työn tulokseksi saatiin kuitenkin toimintamalli, joka toimiessaan parantaisi huollon läpimenoaikaa, vähentäisi vaihtelua ja tehostaisi sekä resurssi-, että virtaustehokkuutta. Toimintatavasta ei myöskään syntyisi kustannuksia, vaan jopa säästöjä mahdollisten toissijaisten tarpeiden ja siten hukan vähentyessä. Toimintatavassa on kuitenkin edelleen haasteita, kuten pilotoinnissa ja riskiarvioinneissa tuli ilmi, mutta niiden hallinta on täysin mahdollista standardoimalla ihmisten toimintatapoja, sekä kehittämällä organisaatioiden välistä yhteydenpitoa.

Työn aikana havaittiin epäkohtia ja mahdollisia tulevia parannusideoita, joihin ei paneuduttu tarkemmin tässä työssä. Kunnossapidon piiriin kuuluu laitteita, joita ei käytännössä käytetä lainkaan tai äärimmäisen vähän, mutta silti huolletaan kuten jatkuvassa käytössä olevaa laitetta. Näiden laitteiden käytön, vikahistorian ja kokemusten tutkiminen voisi johtaa pienentyneeseen huoltotarpeeseen ja siten kustannussäästöihin ja kuormituksen laskuun. Muutokset koskisivat myös muiden lennostojen maalaitehuollon toimintaa, jolloin pienemmänkin muutoksen vaikutus voi olla merkittävä.

Huoltotilan järjestys ei ole parhaalla mahdollisella tasolla, sillä avohyllyillä on paljon tuotteita merkitsemättömillä paikoilla. Osa tavarasta on pienellä käytöllä ja hyllypaikkojen järjestys ei ainakaan ulkopuolisen näkökulmasta vaikuta järjestelmälliseltä. Jos tuotteen sijaintia hyllyllä ei muista ulkoa, on sen löytäminen hidasta. Hyllypaikkojen järjestäminen ja numerointi helpottaisi tuotteiden löytämistä ja myös ylläpitäisi paremmin järjestystä.

Huoltopöytäkirja ja LTJ ovat päällekkäisiä järjestelmiä, joilla valvotaan samoja asioita, mutta kaikkia huoltopöytäkirjan tietoja ei ole syötetty LTJ:lle. LTJ:n hyödyntäminen tehokkaammin pienentäisi mekaanikkojen työkuormaa poistuvan huoltopöytäkirjan muodossa, vähentäisi virheen mahdollisuutta harvoin tehtävien huoltojen osalta, parantaisi jäljitettävyyttä ja seurantaa, sekä helpottaisi varaosien tilaamista etukäteen. Työ vaatii huoltopöytäkirjojen manuaalisen tarkastamisen ja syöttämisen LTJ-järjestelmään ja vaatii

siten jonkin verran aikaa, jota maalaitehuollon työntekijöillä ei välttämättä ole. Toimintatapa ei myöskään ole käytössä ainoastaan Satakunnan lennostossa, vaan vastaava järjestelmä on käytössä myös muissa lennostoissa. Kerran tehdyt huolto-ohjelmat voitaisiin mahdollisesti ottaa myös muissa lennostoissa käyttöön.

Laitteiden kunnossapidon seuranta ja käytönaikainen huoltojaksojen välillä on käyttäjien vastuulla. Varsinkin kaikki lentokoneeseen suoraan liitettävät laitteet tulee aina tarkastaa ennen käyttöä ja poistaa käytöstä, mikäli laitteessa havaitaan poikkeamia. Joidenkin maalaiteiden aikaperusteinen huolto ei aina käyttäjien, eikä maalaitehuollon toimijoiden näkemyksen mukaan ole tarpeellista. Näiden laitteiden osalta käytönaikainen kunnonvalvonta voisi olla riittävää, sillä huollon sisältö on usein ainoastaan pelkkä ulkoinen tarkastus. Asiasta olisi mahdollista tehdä selvitys, sillä ylimääräisen huoltotyön välttämällä on mahdollista saavuttaa myös rahallista hyötyä resurssien vapautumisen lisäksi. Esimerkiksi joihinkin varustuksiin kuuluvien valaisimien toiminnan testauksen voisi mahdollisesti jättää käyttäjän vastuulle.

LÄHTEET

Ahonen, S. 2013. Lentoteknillisten huoltovälineiden huolto Satakunnan lennossa. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opin-
näytetyö.

Campbell, J., Jardine, A. Maintenance Excellence. 2001. Marcel Dekker, Inc.

Finlex. Laki puolustusvoimista 11.5.2007/551. Luettu 23.5.2016 <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070551#L1>

Ilmavoimat. 2015. Lentotekniikkalaivueen toimintakäsikirja (Lentoteknisen huolto-or-
ganisaation käsikirja).

Ilmavoimat. 2016. Ilmavoimien internet-sivusto. Luettu 23.5.2016 <http://ilmavoimat.fi/>

Ilmavoimat. MAPO, Lentotekninen maapalveluohje. 2001. Puolustusvoimien Logistiik-
kalaitos, Ilmajärjestelmäosasto.

Järviö, J. 2006. Kunnossapito. 3. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Krafcik, J. 1988. Triumph of the Lean Production System. Massachusetts Institute of
Technology.

Kahneman, D. 2011. Thinking, fast and slow. Farrar, Straus and Giroux.

Larman, G., Vodde, B. Lean Primer. Luettu 6.3.2017 http://www.leanpri-mer.com/downloads/lean_primer.pdf

Luomala, A. MUUTOSJOHTAMISEN ABC. Ajatuksia muutoksen johtamisesta ja ih-
misten johtamisesta muutoksessa. 2008. Tampereen yliopiston kauppakorkeakoulu.

Liker, J. 2006. Toyotan tapaan. 1. painos. Readme.fi

Modig, N. & Åhlström. 2013. Tätä on lean. Toinen painos. Rheologia publishing.

Nicholas, J. 2011. Lean production for competitive advantage. Productivity press.

Nurkka, J. 2016. Satakunnan lennoston maalaitteiden huoltotoiminnan kehittäminen. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opin-
näytetyö.

Opetushallitus. Kunnossapito. Perusteet. Luettu 21.8.2016 <http://www03.edu.fi/oppima-teriaalit/kunnossapito/tekijat.html>

Pääesikunnan henkilöstöosasto. 2015. Puolustusvoimien henkilöstöstrategia. Tulostettu
20.10.2016.

Satakunnan lennoston esittely 2015. Powerpoint.

SFS-EN 13306. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. 11.10.2010. Suomen Standardoimisliitto SFS ry.

Sotilasilmailun viranomaisyksikkö. Sotilasilmailumääräys sotilasilmailun huoltotoimintavaatimuksista Sim-To-It-001 versio A, muutos 0. 14.11.2007. Tulostettu 22.11.2016.

Smith R., Mobley K. 2008. Rules of thumb for maintenance and reliability engineers. Elsevier.

Smith R., Hawkins, B 2004. Lean Maintenance Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share.

Tekes. Tutkimus, kehitys ja pilotointi. Luettu 15.3.2017 <https://www.tekes.fi/rahoitus/suuri-yritys/tutkimus-kehitys-pilotointi/>

Lean Competency System. The Equation of Lean. Luettu 7.4.2017. <https://www.lean-competency.org/lcs-articles/the-equation-of-lean/>

Womack, J.P., Jones, D.T. & Roos, D. 1990. The Machine That Changed the World. MacMillian Press.